

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



## **Eletrocussão de aves em apoios da rede elétrica e métodos de correção**

Jaime Daniel Barbosa Botelho de Sousa

**Mestrado em Biologia da Conservação**

Dissertação orientada por:  
Doutor Paulo Marques  
Professor Doutor Jorge Palmeirim

2017

### *Agradecimentos*

Agradeço aos meus orientadores, Paulo Marques, pela planificação e acompanhamento desta tese, e pela oportunidade que me foi dada de trabalhar com a equipa do Projecto LIFE Imperial, e Prof. Jorge Palmeirim por toda a ajuda e total disponibilidade que sempre demonstrou durante todo este percurso.

Ao Prof. José Pedro Granadeiro, por me ter recebido sempre que lhe solicitei ajuda, e sempre com a simpatia que lhe é característica.

A toda a equipa do Vale Gonçalinho e do LIFE Imperial, por me terem sempre bem-recebido e feito sentir parte da equipa. Um agradecimento em particular à Liliana Barosa e ao Bruno Herlander Martins, meus companheiros de campo.

Um muito obrigado à Julieta Costa da SPEA, e restantes parceiros dos Protocolos Avifauna, EDP Distribuição, ICNF, Quercus, LPN e ERSE, por me forneceram dados essenciais para a realização de um dos capítulos desta tese (“Caracterização dos apoios em que se registou mortalidade por eletrocussão em águias”).

Aos meus amigos Caldas, Cabecinha, Catarina e Antunes que estiveram sempre lá quando precisei deles e foram uma ajuda muito preciosa para esta tese.

À Joana, por tudo! Porque sem ela não teria sido capaz.

E por fim, à minha família, que sempre me apoiou e torce por mim, mas em especial à minha mãe, com quem sei que posso contar incondicionalmente e por me ter possibilitado a oportunidade de chegar até aqui e trabalhar na área que mais me apaixona – a conservação!

## Sumário

O aumento da demanda por energia elétrica tem originado uma rede de linhas elétricas cada vez maior, sendo hoje a sua presença na paisagem quase onipresente. As linhas elétricas podem ter impacto sobre a biodiversidade e o território, nomeadamente alterações na estrutura do habitat e interações diretas com a fauna. Os apoios de linhas elétricas podem ser usados pelas aves como estrutura de poiso, ponto estratégico de caça, dormitório ou mesmo local de nidificação. Esta interação apoio-ave pode conduzir à sua eletrocussão, quando a ave estabelece contacto entre dois elementos condutores, a potenciais diferentes, permitindo a circulação de uma corrente significativa através do seu corpo. São mais afetadas aves de maior envergadura que poisam regularmente em apoios, tais como cegonhas, aves de rapina e corvídeos. A eletrocussão em linhas elétricas é mesmo uma das principais ameaças à conservação de um grande número de espécies de aves no mundo. Espécies com populações reduzidas, tais como a Águia-imperial-ibérica e a Águia de Bonelli são particularmente afetadas pela eletrocussão, acabando por ser um dos fatores importantes na redução do seu efetivo populacional. Para além do impacto nas aves, esta problemática resulta também em graves problemas financeiros pelos cortes energéticos que origina. Dado o seu impacto, várias medidas têm sido implementadas com o objetivo de prevenir ou minimizar a eletrocussão. Uma das medidas mais utilizadas é o isolamento dos condutores junto ao apoio através da aplicação de coberturas de proteção.

Este estudo foi realizado no âmbito do Projeto LIFE Imperial e pretende contribuir para o conhecimento sobre a interação das aves com as linhas elétricas. Pretende-se investigar quais os fatores ecológicos e antrópicos que influenciam a probabilidade de eletrocussão nas ZPE de Castro Verde e ZPE do Vale do Guadiana. Numa segunda fase pretende-se aprofundar esta análise a um nível específico, caracterizando os aspetos ecológicos e antrópicos dos apoios onde morreram indivíduos de Águia-imperial-ibérica, Águia de Bonelli e Águia-de-asa-redonda, de forma a tentar perceber de que forma influenciam a sua probabilidade de eletrocussão. Finalmente, este estudo teve ainda como objetivo avaliar a eficácia das principais medidas de correção de apoios em utilização em Portugal, nomeadamente as coberturas de proteção de condutores “Enfitamento”, “Manga” e “Pinças Pretas”.

Na primeira parte do trabalho visitaram-se apoios e linhas elétricas sem correções anti-eletrocussão e de tipologias consideradas perigosas nas ZPE de Castro Verde e ZPE do Vale do Guadiana. Foram visitados 284 apoios, tendo-se encontrado 55 casos de eletrocussão em 37 apoios, de 12 espécies diferentes. Os modelos lineares generalizados (GLM) realizados sugerem que a probabilidade de eletrocussão de avifauna na área de estudo aumenta em apoios com maior cobertura de matos envolvente e com a maior distância a estradas alcatroadas.

Na segunda parte do trabalho foram compilados dados de apoios onde ocorreu eletrocussão de Águia-de-asa-redonda (76 casos em 66 apoios), Águia de Bonelli (17 casos em 16 apoios) e Águia-imperial-ibérica (12 casos em 12 apoios). Os modelos GLM criados para cada espécie sugerem que indivíduos de Águia-imperial-ibérica têm maior probabilidade de eletrocussão em apoios em áreas de agricultura com espaços naturais e semi-naturais. Os indivíduos de Águia-de-asa-redonda têm menor probabilidade de eletrocussão em apoios em áreas de agricultura com espaços naturais e semi-naturais. Para a Águia de Bonelli não se obtiveram resultados estatisticamente significativos, apesar de ter sido neste tipo de habitat onde morreram mais indivíduos. Estes resultados estão provavelmente associados aos hábitos alimentares das espécies, isto é, dependentes da disponibilidade alimentar das áreas. De fato, as áreas de agricultura com espaços naturais e semi-naturais apresentam pouca cobertura arbórea e maiores coberturas de matos, associados à presença de coelho e perdiz. A distribuição de Águia-imperial-ibérica é altamente dependente da distribuição de coelho, a sua presa preferencial, existindo assim maior probabilidade de eletrocussão nestas áreas onde esta presa é mais abundante. Apesar de o coelho ser também uma presa importante para a Águia de Bonelli, a sua alimentação é mais diversificada, com uma grande componente de aves, sobretudo perdiz e columbiformes. Estas zonas abertas com grande abundância de presas são usadas pelos juvenis e imaturos

de Águia-imperial-ibérica e Águia de Bonelli como áreas de assentamento, sendo estas classes de idade as mais afetadas pela eletrocussão. A Águia-de-asa-redonda é a espécie mais generalista, dando uso a variados tipos de habitat, apresentando uma dieta bastante versátil. Assim a probabilidade de eletrocussão destes indivíduos é menor em áreas de agricultura com espaços naturais e semi-naturais relativamente às outras espécies.

Na terceira parte do trabalho foi selecionado um mínimo de 10 km de linhas elétricas de três diferentes métodos de cobertura de proteção de condutores (“Enfitamento”, “Manga”, “Pinças Pretas”) e da situação controlo – sem correção. Estes troços foram visitados ao longo de 6 meses com uma periodicidade mensal em busca de casos de eletrocussão. Verificaram-se diferenças significativas ao nível da mortalidade obtida entre apoios corrigidos e apoios não corrigidos com uma taxa de mortalidade de 0.037 aves/apoio/mês para os apoios não corrigidos e 0,007 aves/apoio/mês para os apoios corrigidos. Assim, a aplicação destas medidas de correção reduz significativamente a mortalidade obtida, comparativamente a apoios não intervencionados. Há no entanto, diferenças entre os métodos de cobertura de proteção de condutores. O “Enfitamento” teve um desempenho significativamente pior que os outros, com uma taxa de mortalidade de 0.025 aves/apoio/mês. Entre a metodologia “Manga”, com 0 aves/apoio/mês e “Pinças Pretas” com 0.002 aves/apoio/mês não se identificaram diferenças significativas ao nível da sua eficácia. Os piores resultados para o “Enfitamento” podem estar relacionados com o facto de os condutores estarem isolados com fita isoladora adesiva, sendo que as aves têm mais facilidade em danificar o material com o seu bico, diminuindo a sua eficácia. Apesar da baixa mortalidade para o método de “Pinças Pretas”, 22,5% destes apoios corrigidos apresentava anomalias, o que pode diminuir a sua eficácia. Para a tipologia “Manga” não só não se verificou nenhum caso de mortalidade, como a redução na mortalidade após a sua instalação foi dramática. No entanto, a sua recente colocação não permite ainda tirar conclusões definitivas seu tempo de vida e eficácia a longo prazo.

O elevado número de casos de eletrocussão detetado neste trabalho, quer em número absoluto, quer em número de espécies afetadas, vem confirmar o impacto que esta problemática tem na avifauna. O impacto é sobretudo notório nas rapinas, o grupo mais afetado, sendo particularmente preocupante em espécies ameaçadas de grandes dimensões que são mais suscetíveis à eletrocussão. Diferentes espécies e mesmo classes de idade apresentam diferentes requisitos ambientais, o que se traduz numa distribuição de mortalidade desigual em diferentes habitats. A correção de apoios parece ter um impacto positivo na diminuição da mortalidade das aves, pelo que esta deve ser adaptada à ecologia e comportamento da espécie para se otimizar os resultados.

**Palavras-chave:** eletrocussão de aves; conservação de aves; linhas elétricas; correções anti-eletrocussão; modelos preditivos.

## Abstract

The increasing demand of electric power is leading to a growing network of power lines. Its presence on the landscape is almost ubiquitous. Power lines may have a big impact on biodiversity and the territory, causing changes in habitat structure and causing direct interactions with fauna. Electric poles can be used by birds as perching sites, strategic hunting sites, dorms and even as nesting sites. The bird-pole interaction can lead to electrocution when the bird simultaneously touches two conducting elements that have different electric potentials, allowing electric current to pass through its body. Larger wingspan birds often perch on electric poles, mainly storks, birds of prey and crows. Electrocution on power lines is a major threat to the conservation of a large number of bird species in the world. Species with small populations such as the Iberian Imperial Eagle and the Bonelli's Eagle are particularly affected by electrocution, so it ends up being a major factor reducing its effective population. In addition to the impact on birds, this problem also constitutes a big financial burden because of the power shutdowns that may cause. Because of its negative impacts, many measures have been implemented to prevent or minimize electrocution. One of the most popular methods is isolating conducting cables near the pole using protecting covering material.

This study was conducted in the framework of the LIFE Imperial Project and aims to contribute to the knowledge about the interaction of birds and power lines. It intends to evaluate which ecological or anthropic factors influence electrocution probability of birds, in the Castro Verde and Vale do Gadiana SPAs. It is also intended to make this analysis at the species level, describing the ecological and anthropic characteristics of the poles where individuals of the Iberian Imperial Eagle, Bonelli's Eagle and Common Buzzard died, to try to understand how these characteristics influence electrocution. Finally, this study aimed to evaluate the effectiveness of different types of equipment used to minimize bird electrocution (the "Enfitamento", "Manga, and "Pinças Pretas" types).

In the first part of this study, we focused on poles and electric lines that had no anti-electrocution correction and pole designs that were considered dangerous, in Castro Verde and Vale do Gadiana SPA's. We studied 284 poles, and found 55 electrocution cases on 37 poles, including 12 different bird species. GLM models showed that electrocution probability is higher on poles located in areas with higher scrub cover and further away from paved roads.

In the second part of the study we gathered data on poles where eagles were electrocuted: Iberian Imperial Eagle (12 cases on 12 poles), Bonelli's Eagle (17 cases on 16 poles) and Common buzzard (76 cases on 66 poles). GLM models used for each species suggest that Iberian Imperial Eagle individuals have a higher electrocution probability in poles located in agriculture areas with natural and semi-natural vegetation. Common buzzards have a smaller electrocution probability on poles in agriculture areas with natural and semi-natural vegetation. There were no significant results for Bonelli's Eagle, although most individuals died in poles located in agriculture areas. These areas have few trees and high scrubland cover, making them suitable for rabbits and red-legged partridges. Iberian Imperial Eagle's distribution is highly dependent on the availability of rabbits, since this is its main prey. So, its electrocution is more common where rabbits available. Rabbits are also an important prey of Bonelli's eagle, but its feeding habitats are more diverse, including an important component of birds, mainly partridges and columbiforms. These open habitats with abundant prey are often used as settlements areas by juvenile and immature Iberian Imperial Eagles and Bonelli's eagles, so this age group is more prone to electrocution there. Since the common buzzard's diet is more versatile, it uses a great variety of different habitats. Thus, its likelihood for electrocution is lower in agriculture areas with natural and seminatural vegetation.

In the third part of this study we selected a minimum of 10 km of electric lines with the three different protection of conductors ("Enfitamento", "Manga", "Pinças Pretas") and 10 km of lines without line correction. These lines were visited monthly for 6 months, checking for electrocution cases. We observed significant differences in mortality between protected and unprotected poles. Mortality rates were 0,037 bird/pole/month for uncorrected poles and 0,007 bird/pole/month for corrected poles. We concluded that

using these corrective measures greatly decreases mortality rates, although different correction types show variable results. The “Enfitamento” had the lowest efficiency, with a mortality rate of 0,025 bird/pole/month. There were no significant differences between the mortality in “Manga” (0 bird/pole/month) and “Pinças Pretas” (0,002 bird/pole/month). The worse results of “Enfitamento” may be a consequence of the fact that the isolation tape that is used can be easily damaged by the beaks of birds, lowering its efficacy. Despite its low mortality, 22,5% of “Pinças Pretas” corrected poles showed anomalies that could diminish their efficacy. In the “Manga” corrections there were no mortality cases, and local mortality evidently diminished after its placement. However, the fact that they were recently placed doesn’t allow us to conclude about its life span and long term efficacy.

The numerous electrocution cases observed in this study, affecting many individuals of several species, shows the high negative impact of this factor on birds. Birds of prey are the most affected group, and its effect is more marked for threatened species. Different species and even different age groups have different environmental requirements, and this may influence the changes in mortality rates in different habitats. Corrective interventions on poles have had a positive impact on decreasing mortality. They should be adapted to the ecology and behaviour of the different species, to enhance the results.

**Key words:** Bird electrocution; Bird conservation; mitigation measures; power lines; predictive models

## Índice

<b>Sumário .....</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>v</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Eletrocussão de aves em apoios da rede elétrica: Que fatores influenciam a eletrocussão?.....</b>	<b>5</b>
2.1 Introdução.....	5
2.2 Métodos .....	6
2.2.1 Área de estudo .....	6
2.2.2 Recolha de dados.....	7
2.2.3 Procedimento de análise.....	8
2.2.4 Obtenção de variáveis ambientais e antropogénicas .....	8
2.2.5 Análise estatística .....	9
2.3 Resultados .....	10
2.3.1 Monitorização dos apoios.....	10
2.3.2 Efeito das variáveis em estudo na probabilidade de eletrocussão .....	13
2.4 Discussão.....	14
<b>3. Caracterização dos apoios em que se registou mortalidade por eletrocussão em águias.....</b>	<b>17</b>
3.1 Introdução.....	17
3.2 Métodos .....	19
3.2.1 Área de estudo .....	19
3.2.2 Recolha de dados.....	20
3.2.3 Obtenção de variáveis ambientais e antropogénicas .....	21
3.2.4 Análise estatística .....	22
3.3 Resultados .....	23
3.3.1 Efeito das variáveis em estudo na probabilidade de eletrocussão das diferentes espécies.....	23
3.4 Discussão.....	25
<b>4. Avaliação da eficácia de diferentes equipamentos de minimização de eletrocussão de avifauna</b>	<b>27</b>
4.1 Introdução.....	27
4.2 Métodos .....	27
4.2.1 Área de Estudo .....	27
4.2.2 Recolha de dados.....	28
4.2.3 Análise estatística .....	29
4.3 Resultados .....	29
4.3.1 Comparação da mortalidade obtida em linhas não corrigidas vs. linhas corrigidas .....	30

4.3.2 Comparação da mortalidade obtida entre os diferentes métodos de cobertura de proteção de condutores .....	31
4.4 Discussão.....	32
<b>5. Considerações gerais .....</b>	<b>34</b>
<b>6. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>36</b>
Anexo I – Tipologias e constituintes dos apoios .....	43
Anexo II – Eletrocussão de aves em apoios da rede elétrica: Que fatores influenciam a eletrocussão?.....	51
Anexo III – Caracterização dos apoios em que se registou mortalidade por eletrocussão em águias.....	53
Anexo IV – Avaliação da eficácia de diferentes equipamentos de minimização de eletrocussão de avifauna .....	60



## Lista de Tabelas e Figuras

### Tabelas

<b>Tabela 1</b> – Lista de variáveis ambientais e antropogénicas compiladas para caracterizar cada apoio e utilizadas nos modelos estatísticos com indicação da fonte e tipo de variável. ....	9
<b>Tabela 2 –Tipologias em que foi detetada mortalidade. N</b> – nº total de apoios de cada tipologia com mortalidade visitados; <b>Apoios com mortalidade</b> – número de apoios de cada tipologia em que se detetou mortalidade; <b>Nº de indivíduos</b> – nº de indivíduos eletrocutados em cada tipologia; <b>Taxa de mortalidade</b> – nº de indivíduos eletrocutados em cada tipologia/nº total de apoios da tipologia visitados.....	11
<b>Tabela 3</b> – Comparação entre os melhores modelos globais (delta AIC ( $\Delta_i$ ) < 2) com representação do AICc, delta AIC ( $\Delta_i$ ) e Akaike weight (wi).....	13
<b>Tabela 4</b> – Variáveis significativas obtidas pelo melhor GLM global para a probabilidade de eletrocussão com um intervalo de confiança de 95%. ....	13
<b>Tabela 5</b> – Variáveis significativas obtidas pelo melhor GLM global para a probabilidade de eletrocussão em aves de rapina com um intervalo de confiança de 95%.....	14
<b>Tabela 6</b> – Lista de variáveis ambientais e antropogénicas obtidas para cada apoio. ....	22
<b>Tabela 7</b> – Número de casos de mortalidade (n) e percentagem (%) de cada espécie encontrada em diferentes tipologias de apoio.....	23
<b>Tabela 8</b> – Número de casos de mortalidade (n) e percentagem (%) de cada espécie nos diferentes habitats em estudo.....	23
<b>Tabela 9</b> – Variáveis constituintes dos melhores modelos GLM para cada espécie. Variáveis significativas estão representadas a negrito. ....	24
<b>Tabela 10</b> – Linhas elétricas amostradas com o respetivo método de cobertura de proteção de condutores numeradas de acordo com a Figura 9.....	29
<b>Tabela 11</b> – Tipologias de apoio em que se obteve mortalidade e a sua taxa de mortalidade (nº de indivíduos eletrocutados em cada tipologia/nº total de apoios da tipologia visitados/mês).....	30
<b>Tabela 12</b> – Taxa de mortalidade (indivíduos/apoio/mês) obtida para os apoios com diferentes tipos de métodos de cobertura de proteção de condutores e apoios sem correção.....	31
<b>Tabela 13</b> – Resultados do teste de Dunn a posteriori relativos às diferenças de mortalidade obtidas entre os diferentes métodos de cobertura de proteção de condutores.....	32

### Figuras

<b>Figura 1</b> – Esquema de sistema de energia elétrica, adaptado de CIMCON Software (2016).....	2
<b>Figura 2</b> – Mapa da área de estudo compreendendo as ZPE de Castro Verde e ZPE do Vale do Guadiana e apoios em estudo. ....	7
<b>Figura 3</b> – Mapa dos apoios com e sem mortalidade selecionados para análise. ....	11

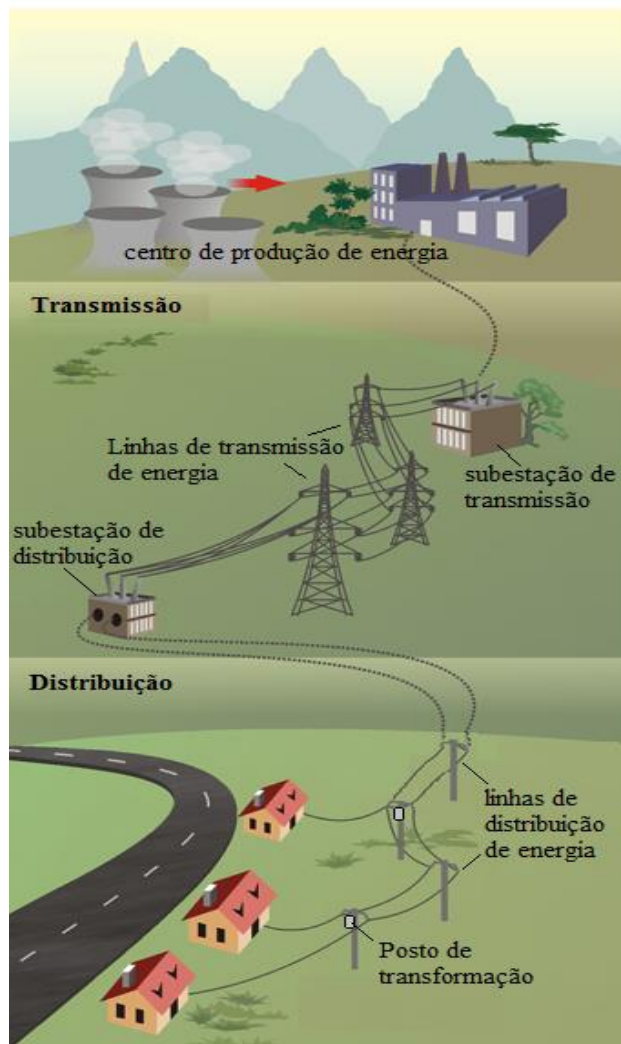
<b>Figura 4</b> – Percentagem da mortalidade obtida por família. ....	12
<b>Figura 5</b> – Número total de casos de mortalidade por espécie. ....	12
<b>Figura 6</b> – Curva ROC para o melhor modelo global com um AUC = 0,78. ....	14
<b>Figura 7</b> – Mapa da área de estudo para “Caracterização dos apoios em que se registou mortalidade por eletrocussão em águias”. ....	20
<b>Figura 8</b> – A - Mapa da área de estudo com a distribuição da mortalidade das três espécies, Águia-imperial-ibérica, Águia de Bonelli e Águia-de-asa-redonda. B – Pormenor da zona mais a sul da área de estudo onde se concentra grande parte da mortalidade. ....	21
<b>Figura 9</b> – Mapa das linhas elétricas de média tensão da rede elétrica da EDP – Distribuição amostradas (Fonte EDP distribuição). ....	28
<b>Figura 10</b> – número total da mortalidade obtida por espécie. ....	30
<b>Figura 11</b> – taxa de mortalidade (nº indivíduos/apoio/mês) total obtida em apoios corrigidos e não corrigidos. ....	31
<b>Figura 12</b> – Taxa de mortalidade (nº indivíduos/apoio/mês) total obtida em apoios com diferentes correções e apoios não corrigidos. ....	32

## 1. Introdução

Com o rápido crescimento tecnológico e económico do último século, e consequente aumento do consumo de recursos *per capita*, o Homem tem provocado profundas e significativas alterações nos habitats e ecossistemas, com um efeito negativo nos seres vivos que deles dependem (Pérez-García 2014). O aumento e desenvolvimento de infraestruturas, como a rede de transporte elétrico e vias de transporte e comunicação, afetam direta e indiretamente a sobrevivência das espécies, aumentando a mortalidade, destruindo habitat e isolando populações. Entre as principais ameaças para a maioria das espécies em perigo de extinção encontram-se precisamente a perda, transformação e fragmentação dos habitats (Pérez-García 2014; Ferrer 2012; Primack & Ros 2002; Fahrig 2003).

A energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento das sociedades modernas. Desde meados do século XIX, com a revolução industrial, que o consumo energético tem aumentado de forma drástica, sendo que a sua demanda continuará a crescer, a nível mundial, a uma média de 3,5% anualmente, até 2035 (World Energy Outlook 2012). O transporte da energia elétrica dos locais onde é produzida para os locais de consumo é feito sobretudo de forma aérea, por uma rede de linhas elétricas. Em Portugal, segundo dados da EDP (Energias de Portugal) (2016), a rede de linhas elétricas de distribuição cresceu de 172957 km em 1997 para 224794 km em 2013. A recente aposta de muitos países, como Portugal, no desenvolvimento de energias renováveis, vem aumentar ainda mais a necessidade de linhas elétricas, sobretudo as de transporte, e é previsível que continue a ser essa a tendência para o futuro próximo (López-López *et al.* 2011).

As linhas elétricas podem ser divididas em dois grupos com funções distintas, de acordo com a sua tensão: linhas de distribuição de energia (entre 1kV e 110 kV) e linhas de transporte de energia (entre 110 kV e 400 kV). As linhas de transporte de energia são ainda designadas como de Muito Alta Tensão (MAT) (ICNB 2010). Estas unem centros de produção de energia (centrais térmicas, hidroelétricas, nucleares ou renováveis) a subestações, ou subestações com subestações (Figura 1). As subestações modificam o nível de tensão das linhas que nelas convergem, de acordo com o tipo de linha que vão alimentar: elevam a tensão da eletricidade produzida nas centrais para ser transportada em muito alta tensão para as zonas de consumo, ou, uma vez perto das zonas de consumo, baixam o nível de tensão para poder ser distribuída em alta e média tensão. As linhas de distribuição são divididas em Alta Tensão (AT) (entre 45 kV e 110 kV), Média Tensão (MT) (entre 1 kV e 45 kV) e Baixa Tensão (BT) (abaixo de 1 kV). A Alta Tensão distribui a energia a grandes distâncias e fornece-a para a indústria. A Média Tensão liga subestações a Postos de Transformação (reduzem Média Tensão para Baixa Tensão), ou Postos de Transformação entre si. As linhas de Baixa Tensão distribuem a energia elétrica dos Postos de Transformação para os locais de consumo (e.g. edifícios de habitação, iluminação pública). (ICNB 2010) (Figura 1). A eletricidade é distribuída, regra geral, por linhas elétricas aéreas de cabos nus – os condutores. Os apoios, estruturas verticais metálicas, de betão armado ou madeira, destinam-se a sustentar os condutores, por onde circula a energia (Figura 1 – Anexo I). As linhas elétricas são trifásicas, ou seja, são constituídas por três cabos ou fases, perfazendo o seu conjunto um circuito. Uma mesma linha pode ser constituída por um ou dois circuitos montados juntos (neste caso 6 cabos) (ICNB 2010).



**Figura 1** – Esquema de sistema de energia elétrica, adaptado de CIMCON Software (2016)

Atualmente, a presença de linhas de transporte e distribuição de energia elétrica na paisagem é quase onipresente. Estas provocam quatro tipos de impactos potenciais sobre a biodiversidade e o território (Negro 1999; Ferrer 2012): 1) Impactos paisagísticos, afetando a qualidade visual do território, bem como a perda de coberto vegetal e a divisão na paisagem causada aquando da sua instalação (Arriaza *et al.* 2004); 2) Contaminação atmosférica, uma vez que são gerados fortes campos magnéticos quando é transportada a energia, podendo originar problemas de saúde e alterações comportamentais (Pérez-García 2014). Causam também contaminação acústica e aumentam o risco de incêndios florestais (Tenforde 1992; Ferrer 2012); 3) Alterações na estrutura do habitat, resultante da eliminação do coberto vegetal existente, criando descontinuidades e fragmentação na paisagem, podendo provocar um efeito barreira sobre algumas espécies (Ferrer 2012; Luken *et al.* 1992; Forrester *et al.* 2005); e 4) Interações diretas com a fauna que se traduzem em acidentes de eletrocussão e colisão com as linhas elétricas, causando a morte a um importante número de aves anualmente (Infante *et al.* 2005; Lehman *et al.* 2007; Ferrer & Castroviejo 1991; Janss & Ferrer 2001; Ferrer & Negro 1992; APLIC 2006). Sérgio *et al.* (2005) também demonstrou que estas linhas têm repercussões negativas sobre os padrões de ocupação e dinâmica de populações. Ainda que as aves sejam o grupo principal afetado, há também registo de mortalidade por eletrocussão de mamíferos e répteis (Pérez-García 2014; Ferrer 2012; APLIC 2006).

A progressiva alteração dos habitats naturais por parte do Homem tem levado nalgumas regiões a uma diminuição do número de potenciais estruturas naturais, sobretudo árvores, de que as aves dependem para desenvolver a sua atividade. Os apoios têm-se tornado substitutos destas estruturas, sendo usados como estrutura de poiso, ponto estratégico de caça, dormitório ou mesmo local de nidificação (Ferrer 2012; Pérez-García 2014; Infante *et al.* 2005). Esta interação apoio-ave pode conduzir à sua eletrocussão. A eletrocussão ocorre quando uma ave estabelece contacto entre dois elementos condutores, a potenciais diferentes, permitindo a circulação de uma corrente significativa através do seu corpo. Pode ocorrer através do contacto entre a ave e dois condutores aéreos ou, mais frequentemente, entre a ave, um condutor e um outro elemento “ligado à terra” (Infante *et al.* 2005; Pérez-García 2014, Hass *et al.* 2005). Para que isto aconteça, a ave deve ter dimensões corporais que permitam o contato entre as estruturas, pelo que são geralmente as espécies de maiores dimensões as mais afetadas. Quanto maior a tensão, maior as distâncias entre os condutores, resultando num menor perigo de eletrocussão. Assim, estes acidentes ocorrem sobretudo em linhas de Média Tensão (1 Kv a 45 Kv) (Infante *et al.* 2005; Pérez-García 2014; Ferrer 2012). Em postes de madeira a eletrocussão só ocorre quando a ave entra em contato com dois condutores, uma vez que a madeira é um material isolante. Estes postes são comuns em países onde este recurso é barato, como os Estados Unidos da América (EUA), Noruega e Finlândia. (Izquierdo *et al.* 1997; Ferrer 2012).

Para além das consequências altamente nefastas para as aves, resultando na maioria dos casos em mortalidade, estes episódios de eletrocussão aumentam o risco de incêndios e de interrupções da eletricidade, bem como equipamentos danificados, o que se traduz em graves prejuízos financeiros. A mortalidade anual estimada em indivíduos/ano resultante da eletrocussão (vários milhares) está longe dos números causados por outras ameaças de origem antropogénica, como a colisão com janelas/edifícios (97 a 980 milhões), colisão com linhas elétricas (174 milhões), colisão com veículos (50 a 100 milhões), predação por gatos domésticos e assilvestrados (39 a 100 milhões) ou envenenamento (72 milhões) (APLIC 2006). No entanto, é uma das principais ameaças à conservação de um grande número de espécies de aves (Faanes 1987; Bevanger 1994; Bevanger 1998; Ferrer & Janss 1999, Lehman *et al.* 2007). Como mencionado anteriormente, são sobretudo afetadas aves de maior envergadura que poisam regularmente em apoios, tais como Cegonhas, Aves de Rapina e Corvídeos (Infante *et al.* 2005, Sevillana-Iberdrola-REE 1995). De facto, diversos estudos conduzidos em diferentes partes do mundo demonstraram que a eletrocussão é uma das causas principais da diminuição de populações de várias espécies de aves de rapina. Entre elas contam-se o Abutre-do-cabo (*Gyps capensis*) na África do Sul (Ledger & Arnegarn 1981; Ledger & Hobbs 1999), o Abutre-do-egipto (*Neophron pernopterus*) na África Oriental (Nikolaus 1984; Angelov *et al.* 2011), Grifos (*Gyps fulvus*) em Israel (Leshem 1985), o Bufo-real (*Bubo bubo*) em França (Bayle 1999) e Itália (Rubolini *et al.* 2001), a Águia-real (*Aquila chrysaetos*) e a Águia-de-cabeça-branca (*Haliaeetus leucocephalus*) nos EUA (Harness & Wilson 2001) e Canadá (Wayland *et al.* 2003). Na Península Ibérica, a eletrocussão contribuiu fortemente para o declínio da Águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*), uma das rapinas mais ameaçadas do mundo (Ferrer & Hiraldo 1991; González *et al.* 2007; Ferrer & Negro 1992; Ortega *et al.* 2009) e da Águia de Bonelli (*Aquila fasciata*) (Arroyo *et al.* 1990; Real & Mañosa 1997; Real *et al.* 2001; Mañosa & Real 2001; Hernández-Matías *et al.* 2013).

Os primeiros trabalhos publicados mencionando os impactos das linhas eléctricas na avifauna antecederam a década de 70, nos EUA (Hallinan 1922; Marshall 1940; Dickinson 1957; Benton & Dickinson 1966; Edwards 1969; Coon *et al.* 1970). No entanto, foi a partir do final da década de 70 que a magnitude da problemática começou a ser melhor compreendida e se começaram a generalizar os trabalhos de investigação, não só nos EUA (Olendorff 1972; Miller *et al.* 1975; Benson 1980; Olendorff *et al.* 1981), mas também na Europa, em países como o Reino Unido (Scott *et al.* 1972), Holanda (Renssen 1975; Heijnis 1980), Noruega (Bevanger 1988), França (Faure 1988), Alemanha (Fiedler & Wissner 1980), Suíça (Haas 1980) e Espanha (Negro & Mañez 1989; Ferrer *et al.* 1991), e na África do Sul (Ledger & Annegarn 1981). Nas décadas de 80 e 90, e fruto dos diversos estudos realizados sobre a problemática, as empresas distribuidoras de energia começam a tentar minimizar o impacto das linhas elétricas na avifauna.

Em Portugal esta problemática começou a ser estudada tarde, com um trabalho pioneiro realizado por Matos no Estuário do Tejo (1997) e alguns trabalhos em áreas protegidas, no Parque Natural do Vale do Guadiana (1999) e no Parque Natural do Douro Internacional (1999). Em 1999 decorreu em Castelo Branco o primeiro encontro sobre linhas elétricas e avifauna em Portugal, numa organização conjunta Quercus/Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves (SPEA), com participação da EDP-Distribuição e do então ICN (Instituto da Conservação da Natureza). Deste encontro nasceu uma parceria que se propunha realizar um estudo a nível nacional para avaliar a situação e propor soluções. Em 2003 foi assinado um protocolo entre as entidades citadas que ficaria conhecido como o Protocolo Avifauna (2003-2005), impulsionado com o início do projeto INTERREG “Faunatrans” celebrado entre o ICN, EDP e Junta da Extremadura. Este protocolo mantém-se em vigor, já com a parceria da Liga para a Proteção da Natureza (LPN), iniciada durante o Protocolo Avifauna V (2013), com os últimos resultados publicados referentes ao Protocolo Avifauna VI (2014). Para acompanhar este processo, foi constituída a Comissão Técnica de Acompanhamento sobre Linhas Elétricas e Aves (CTALEA), que permitiu sentar à mesma mesa, a SPEA, a Quercus, a LPN, o Instituto da Conservação da Natureza e Florestas (ICNF) e a EDP Distribuição. Este projeto permitiu a classificação da perigosidade das linhas e apoios para a avifauna, passando a ser possível tentar minimizar esse impacto através da implementação de um conjunto de soluções técnicas. Ao longo dos 11 anos do projeto foram corrigidos 465,5 km de linhas consideradas perigosas e testados e avaliados diferentes equipamentos de correção anti-eletrocussão e anti-colisão. Foram criadas cartas de risco dirigidas a espécies de aves com estatuto de conservação desfavorável em Portugal que tivessem como principais ameaças as linhas elétricas, nomeadamente a Águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*), o Abutre-preto (*Aegypius monachus*), a Águia de Bonelli (*Aquila fasciata*), a Águia-pesqueira (*Pandion haliaetus*), a Abetarda (*Otis tarda*) e a Águia-real (*Aquila chrysaetos*), o que determinou troços de linha a corrigir. Ao nível de projetos comunitários, destacam-se o Projeto Life + Estepárias (2010 -2011), onde foram intervencionadas cerca de 42 km de linhas identificadas como potencialmente perigosas, de forma a contribuir para a conservação da Abetarda (*Otis tarda*), Sisão (*Tetrax tetrax*) e Peneireiro-das-torres (*Falco naumanni*) nas estepes cerealíferas do Baixo Alentejo (Castro *et al.* 2012). Atualmente decorre o Projeto LIFE Imperial (2014-2018), projeto coordenado pela LPN, que pretende promover o aumento da população de Águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*) em Portugal, concretamente nas ZPE (Zonas de Proteção Especial da Rede Natura 2000) de Castro Verde, Vale do Guadiana, Mourão/Moura/Barrancos e Tejo Internacional, Erges e Pônsul. Esta espécie, endémica da Península Ibérica, sofreu um grande declínio durante a segunda metade do século XX em toda a sua área de distribuição, que em Portugal culminou com o desaparecimento da população reprodutora entre o final da década de 1970 e o início da década de 1980. Em 2003 a nidificação voltou a ser confirmada, na região do Tejo internacional. Desde então os seus números têm vindo lentamente a aumentar até atingir, em 2015, 13 casais distribuídos pelas regiões da Beira Baixa, Alto Alentejo e Baixo Alentejo, apresentando o estatuto de conservação de “Criticamente em Perigo” (CR) (Cabral *et al.* 2005). Uma das principais ameaças à sua conservação é precisamente a eletrocussão, sendo um dos objetivos do projeto identificar e corrigir linhas críticas para a espécie.

Contudo o conhecimento sobre este tema ainda não é suficiente e existe a necessidade de o aprofundar para garantir uma compatibilização da existência de linhas elétricas com a avifauna, sobretudo em contexto de áreas com elevados valores naturais como é o caso das áreas da Rede Natura 2000. Esta tese de mestrado surge neste contexto e é realizada no âmbito do Projeto LIFE Imperial, pretendendo contribuir para o conhecimento existente sobre a interação das aves com as linhas elétricas. Assim pretendeu-se investigar quais os fatores ecológicos e antrópicos que influenciam a probabilidade de eletrocussão nas ZPE de Castro Verde e ZPE do Vale do Guadiana. Numa segunda fase pretendeu-se aprofundar esta análise a um nível específico, caracterizando os aspetos ecológicos e antrópicos dos apoios onde morreram indivíduos de Águia-imperial-ibérica, Águia de Bonelli e Águia-de-asa-redonda, de forma a tentar perceber de que forma influenciam a sua probabilidade de eletrocussão. Finalmente este estudo teve ainda como objetivo avaliar a eficácia das principais medidas de correção de apoios em utilização em Portugal, nomeadamente as coberturas de proteção de condutores “Enfitamento”, “Manga” e “Pinças Pretas”.

## 2. Eletrocussão de aves em apoios da rede elétrica: Que fatores influenciam a eletrocussão?

### 2.1 Introdução

O grau de perigosidade de um apoio está dependente da interação de vários fatores (Bevanger 1994; Ferrer *et al.* 1991; Pérez-García 2014): 1) Desenho técnico (tipologia), presença de elementos especiais e materiais de construção do apoio; 2) As características biológicas das espécies implicadas, tais como o tamanho e comportamento, bem como a abundância da espécie 3) Características ambientais da área, sobretudo o tipo de habitat e uso do solo, bem como a topografia; 4) Fatores externos, como as condições meteorológicas e a época do ano (Pérez-García 2014).

A perigosidade de um apoio é determinada pelo seu desenho técnico e materiais usados na sua construção (Negro & Ferrer 1995). Como mencionado anteriormente, em postes de madeira, material não condutor elétrico, a mortalidade é bastante menor do que em postes metálicos, ocorrendo apenas pelo contacto com dois condutores (Pérez-García 2014; ICNB 2010; APLIC 2006). A forma como é feita a fixação dos condutores na armação é determinante para o risco de eletrocussão. Os apoios cujos condutores se fixam por cima da armação (isoladores rígidos) (Figura 2 – Anexo I) são os que apresentam um risco de eletrocussão mais elevado (Pérez-García 2014; ICNB 2010; Infante *et al.* 2005; APLIC 2006; Janss y Ferrer 2001). Estimou-se que apoios com isoladores rígidos provoquem 15 vezes mais eletrocussões por apoio do que em apoios com cadeias de suspensão (Figura 2 – Anexo I) (Pérez-García 2014). A existência de arcos que passam acima do plano da travessa aumenta também o risco de acidentes (Figura 1 – Anexo I). Apoios com elementos especiais, como transformadores e seccionadores, bem como com derivações, apresentam também um risco de eletrocussão mais elevado (Tabela 1 – Anexo I) (Ferrer *et al.* 1991; Pérez-García 2014; ICNB 2010; Garrido *et al.* 2009; APLIC 2006). Assim, os apoios considerados mais perigosos para a eletrocussão são os Seccionadores Horizontais (HRFSC), os Postos de Transformação aéreos (PT) e os Triângulos com isoladores rígidos (TAL) (Tabela 1 – Anexo I) (Infante *et al.* 2005; ICNB 2010).

Há várias características biológicas e comportamentais das aves que determinam a sua vulnerabilidade à eletrocussão. Conforme acima descrito, aves de maiores dimensões, sobretudo maior envergadura, estão mais suscetíveis a este tipo de incidente, já que o contacto entre a ave e diferentes componentes do apoio em tensão é mais fácil de ocorrer (Infante *et al.* 2005; Garrido *et al.* 2009; Izquierdo *et al.* 1997; Jass & Ferrer 2001; APLIC 2006). No entanto, esta problemática é transversal à avifauna, sendo que aves de pequenas dimensões como passeriformes, falconídeos e pequenas rapinas noturnas também se encontram entre as vítimas (Infante *et al.* 2005). Espécies que utilizam os apoios com mais frequência são também mais sensíveis a esta problemática. Aqui incluem-se quase todas as rapinas diurnas, corvídeos e cegonhas (ICNB 2010; Sevillana-Iberdrola-REE 1995; Infante *et al.* 2005). Os apoios são usados pelas aves como locais de poiso, para descanso e alimentação, ponto estratégico de caça e vigilância de território, como dormitório, e mesmo para nidificação. No caso de espécies gregárias que utilizam apoios como dormitórios (e.g. abutres, cegonhas, milhafres e garças), podem ocorrer eletrocussões em massa quando há um estreito contacto entre os indivíduos, sendo que a eletrocussão de um provoca a eletrocussão de todos. Nestes casos, estes incidentes podem mesmo ocorrer em apoios de transporte, usualmente pouco perigosos devido à ampla distância entre os condutores (Garrido *et al.* 2009). As espécies que nidificam nos apoios correm maior risco de eletrocussão devido à maior probabilidade de contacto com os elementos em tensão, risco esse que se prolonga durante toda a época de reprodução. O material com que são construídos os ninhos, ou até as próprias fezes aí acumuladas, podem também conduzir a corrente elétrica (Infante *et al.* 2005). Também as crias que nascem em ninhos sobre apoios estão mais suscetíveis, sobretudo aquando dos primeiros voos (Garrido *et al.* 2009). A idade influencia o risco de eletrocussão, sendo que indivíduos juvenis e sub-adultos são mais inexperientes no voo, e essa menor experiência ao pousar num apoio faz com que sejam mais frequentemente afetados (Infante *et al.* 2005).

As características ambientais da área que os apoios ocupam, como o habitat e a posição geográfica, são também determinantes para o grau de perigosidade de um apoio, já que influenciam a frequência com que

são utilizados pelas aves. De uma forma geral, são mais utilizados aqueles apoios que se encontram em pontos elevados do terreno, com ampla visibilidade sobre a paisagem, sem cobertura arbórea e em áreas com altas densidades de presas (Garrido *et al.* 2009; Benson 1981; Tintó *et al.* 2010; Guil *et al.* 2011). Apoios em zonas com altas concentrações de aves, como lixeiras, zonas húmidas e campos de cultivo recém colhidos são também áreas de maior risco pela sua maior frequência de utilização (Garrido *et al.* 2009).

As condições meteorológicas e a época do ano influenciam também a probabilidade de eletrocussão. As penas não são boas condutoras elétricas, mas quando estão molhadas a sua condutividade aumenta. Isto leva também a comportamentos de risco, como a abertura das asas para se secarem. Assim, em dias de chuva e nevoeiro as eletrocussões são mais frequentes. O mesmo acontece em apoios perto de locais onde as aves tomam banho (Infante *et al.* 2005; Garrido *et al.* 2009; Izquierdo *et al.* 1997). O vento forte dificulta o voo e o pouso aumentando também o risco de acidentes. Quanto à época do ano, verificam-se dois picos de acidentes de eletrocussão anuais, um no final da Primavera e outro no princípio do Outono (Cerezo *et al.* 2010). No primeiro pico são sobretudo afetados indivíduos reprodutores e no pico de Outono mais juvenis do ano em dispersão e aves em migração (Cerezo *et al.* 2010). De salientar que a densidade de aves pode variar muito de uma área para outra por diferentes razões (e.g. zonas de migração, colónias de crias, áreas de invernada) pelo que este também será um fator importante para a quantidade de incidentes que ocorram numa determinada área (Izquierdo *et al.* 1997).

Por fim, toda a estimação do risco de eletrocussão é relativa, uma vez que a perigosidade de um apoio depende, em última instância, da comunidade de aves aí existente e da presença de aves suscetíveis a pousar nele (Sevillana-Iberdrola-REE 1995).

Neste capítulo pretendeu-se avaliar quais os fatores ecológicos e antrópicos que influenciam a probabilidade de eletrocussão na área de estudo. Foram considerados sobretudo apoios que, pelas suas características técnicas, sejam considerados perigosos, pela sua tipologia ou pela presença de elementos especiais (como seccionadores horizontais e derivações) (Tabela 1 – Anexo I). Pretendeu-se, desta forma, minimizar o efeito das variáveis das características técnicas do apoio nos resultados obtidos.

## 2.2 Métodos

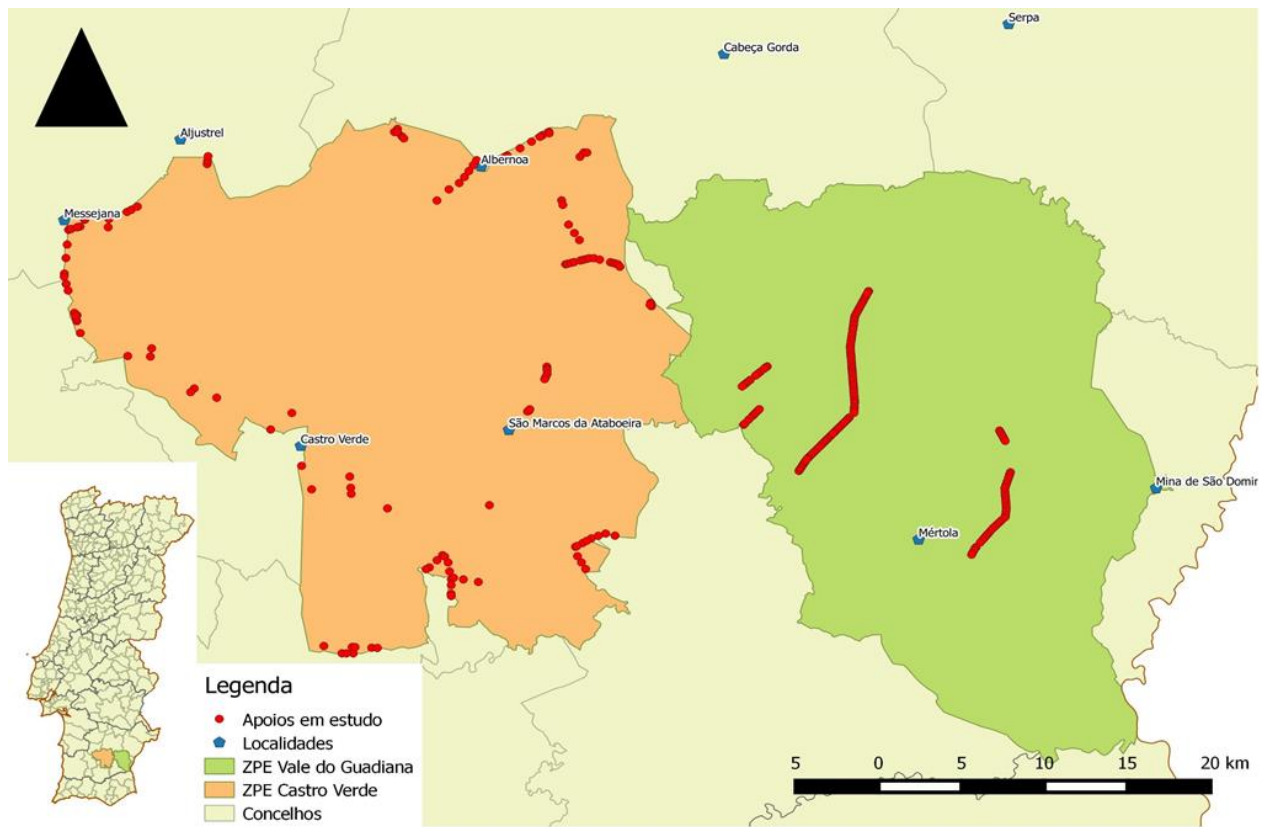
### 2.2.1 Área de estudo

O trabalho de campo decorreu na área de intervenção do Projecto LIFE Imperial para o Baixo Alentejo: as ZPE de Castro Verde e ZPE do Vale do Guadiana (Figura 2). Na ZPE de Castro Verde a paisagem predominante caracteriza-se por extensas planícies abertas de baixa altitude (entre 100 e 300m) utilizadas para cultivo extensivo de cereais de sequeiro em sistema de rotação com pousios. Os pousios são usados para pastoreio de gado ovino e bovino. Para além destes habitats encontram-se ainda presentes montados dispersos de azinho, zonas de matos, pequenos olivais, pinhais e eucaliptais. É a área do país mais importante para a conservação das aves estepárias, com destaque para a Abetarda (*Otis tarda*) e o Francelho (*Falco naumanni*), e a principal área de reprodução do Roleiro (*Coracias garrulus*). Outras aves como o Sisão (*Tetrax tetrax*), Cortiçol-de-barriga-preta (*Pterocles orientalis*), Alcaravão (*Burhinus oedipnemus*) e o Tartaranhão-caçador (*Circus pygargus*) encontram também aqui o seu principal reduto em Portugal. A comunidade de aves invernantes é também bastante diversificada, destacando-se os elevados números de Tarambola-dourada (*Pluvialis apricaria*), Abibe (*Vanellus vanellus*), Petinha-dos-prados (*Anthus pratensis*) e Laverca (*Alauda arvenses*). Também aves de rapina invernantes ocorrem regularmente aqui como o Milhafre-real (*Milvus milvus*), o Tartaranhão-cinzento (*Circus cyaneus*) e o Esmerilhão (*Falco columbarius*). A comunidade de aves de rapina é bastante diversificada, destacando-se para além das espécies já descritas as ocorrências regulares de Abutre-preto (*Aegypius monachus*) e Grifos (*Gyps fulvus*), para além de indivíduos de Águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*), Águia de Bonelli (*Aquila fasciata*) e Águia-real (*Aquila chrysaetos*), atraídos pela disponibilidade alimentar. A ZPE do Vale do Guadiana é composta por planícies onde se encontram culturas extensivas de sequeiro, áreas de esteval, montados de azinho (*Quercus rotundifolia*) e áreas florestadas, bem como as formações quártzicas das serras de S. Barão



e de Alcaria e os vales escarpados da bacia hidrográfica do Rio Guadiana. É uma área importante para aves rupícolas, onde se destacam a Águia de Bonelli (*Aquila fasciata*), Águia-real (*Aquila chrysaetos*), Cegonha-preta (*Ciconia nigra*) e Bufo-real (*Bubo bubo*). Destaca-se também a presença de Águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*) e a ocorrência regular de Abutre-preto (*Aegypius monachus*) e Grifos (*Gyps fulvus*). Também para aves estepárias esta zona é importante, com populações relevantes de Cortiçol-de-barriga-preta (*Pterocles orientalis*), Abetarda (*Otis tarda*) e Francelho (*Falco naumanni*).

A nível de presença humana a área de estudo apresenta baixa densidade populacional encontrando-se muito concentrada sobretudo nas vilas de Castro Verde e Mértola e em pequenas aldeias dispersas pela área.



**Figura 2** – Mapa da área de estudo compreendendo as ZPE de Castro Verde e ZPE do Vale do Guadiana e os apoios em estudo.

### 2.2.2 Recolha de dados

A prospeção de cadáveres e indícios de aves mortas, como ossos e penas, foi feita num raio de 10 metros em volta de cada apoio selecionado. Qualquer indício de mortalidade encontrado nestas condições foi considerado um episódio de eletrocussão, salvo se apresentasse evidências claras de outra causa de morte (e.g. colisão, “chumbos”, envenenamento). Os cadáveres e indícios encontrados foram recolhidos e registados fotograficamente para que, sempre que possível, fosse feita a sua identificação ao nível da espécie. A recolha dos dados para este capítulo foi realizada em duas fases distintas. Numa primeira fase, foram utilizados os dados recolhidos na visita de “limpeza” às linhas monitorizadas mensalmente no âmbito do Projecto LIFE Imperial, que decorreu em Dezembro de 2014 (ver: “4. Avaliação da eficácia de diferentes equipamentos de minimização de eletrocussão de avifauna”). A seleção destes troços teve como um dos

principais objetivos que a tipologia dos apoios fosse predominantemente TAL (Tabela 1 – Anexo I) (uma das tipologias de maior perigosidade e das mais comuns na área de estudo).

Numa segunda fase, foram selecionados apoios para uma visita única, situados dentro da ZPE de Castro verde, que decorreu entre Março e Abril de 2015. Esta seleção de apoios teve como objetivo cobrir de forma uniforme a rede elétrica de média tensão existente na ZPE de Castro Verde e os apoios foram escolhidos de acordo com as suas tipologias, tendo em conta a sua maior abundância e perigosidade (de acordo com Infante *et al.* 2005). Assim, visitaram-se os GAL, a tipologia mais abundante na ZPE (42,5%), e os TAL, a segunda tipologia mais abundante (21,3%) e de elevada perigosidade (Tabela 1 – Anexo I) (Infante *et al.* 2005, ICNB 2010). Tendo em conta somente a perigosidade, foram visitados os HRFSC, considerada a tipologia mais perigosa por apresentar a maior média de mortalidade (Infante *et al.* 2005; ICNB 2010), os pórticos com cadeias de amarração (PAN/PRF), bem como galhardetes e triângulos com derivações (HDR) (Tabela 1 – Anexo I).

Assim, os requisitos para os apoios a serem considerados neste capítulo foram: i) o esforço de amostragem consistir numa visita única aos apoios. No caso dos apoios monitorizados mensalmente, apenas os dados da visita de “limpeza” foram tidos em consideração. Caso se detetasse mortalidade em alguma das visitas seguintes, estes já não seriam considerados para análise; e ii) os apoios não possuírem qualquer correção anti-eletrocussão. Assim, foram considerados um total de 284 apoios.

### ***2.2.3 Procedimento de análise***

Os apoios com mortalidade (n=37) foram comparados com apoios sem mortalidade. Para isso foram selecionados 100 apoios, do total dos 247 onde não se detetou mortalidade. Esta seleção teve por base apoios que se situassem, sempre que possível, na mesma linha e em número proporcional ao nível da tipologia dos apoios em que foi detetada mortalidade para evitar que outros fatores, como a localização geográfica enviesada ou o desenho técnico dos apoios influenciassem os resultados obtidos.

### ***2.2.4 Obtenção de variáveis ambientais e antropogénicas***

As informações para cada apoio foram reunidas numa ficha de campo, nomeadamente a sua identificação, tipologia e linha onde se encontravam, o habitat e tipo de vegetação envolvente (Matos, Zonas semeadas, Zonas de Pastagem, Pinhal, Montado e Outro – Eucaliptal, Vinha, Olival, plantação de sobreiros e plantação de alfarrobeiras). Esta informação foi depois completada com recurso a um Sistema de Informação Geográfica (*QGIS v2.6.0 Brighton*) e ao *Google Earth*, onde se determinou (através de uma *shapefile* dos apoios): a percentagem de cobertura de matos e cobertura arbórea presente num raio de 25 metros (Mañosa 2001; Guil *et al.* 2011) em sua volta (escala de grandeza de 6 níveis: 0%; 0-25%; 25%-50%; 50%-75%; 75%-100%; 100%); a distância mais próxima a: i) linha de água, ii) localidade/sítio (mais de 15 edifícios), iii) edifícios de habitação, iv) outras edificações (e.g. armazéns, edificações para gado) e v) estradas alcatroadas. O conjunto de variáveis ambientais e de perturbação antrópica reunidas para cada apoio encontram-se discriminadas na tabela abaixo (Tabela 1).

**Tabela 1** – Lista de variáveis ambientais e antropogênicas compiladas para caracterizar cada apoio e utilizadas nos modelos estatísticos com indicação da fonte e tipo de variável.

Variável	Fonte	Tipo de variável
<b><i>Variáveis ambientais</i></b>		
Zonas semeadas	Ficha de campo	Discreta (Presença/Ausência)
Zonas de Pastagem	Ficha de campo	Discreta (Presença/Ausência)
Pinhal	Ficha de campo	Discreta (Presença/Ausência)
Montado	Ficha de campo	Discreta (Presença/Ausência)
Outro	Ficha de campo	Discreta (5 classes)
Cobertura de matos	<i>QGIS/Google Earth</i>	Discreta (6 classes)
Cobertura arbórea	<i>QGIS/Google Earth</i>	Discreta (6 classes)
Distância a linha de água (m)	<i>QGIS/Google Earth</i>	Contínua
<b><i>Variáveis antrópicas</i></b>		
Distância a localidade (m)	<i>QGIS/Google Earth</i>	Contínua
Distância a edifícios de habitação (m)	<i>QGIS/Google Earth</i>	Contínua
Distância a outras edificações (m)	<i>QGIS/Google Earth</i>	Contínua
Distância a estradas de alcatrão (m)	<i>QGIS/Google Earth</i>	Contínua

### 2.2.5 Análise estatística

Para a determinação das variáveis ambientais e antropogênicas que influenciam a probabilidade de eletrocussão recorreu-se a modelos GLM (*Generalized Linear Models*) com uma distribuição binomial, onde a presença/ausência de mortalidade foi considerada como variável dependente e as variáveis ambientais e antropogênicas como variáveis independentes. Esta análise foi feita inicialmente para todos os casos de mortalidade de aves e posteriormente apenas para os casos de mortalidade de aves de rapina. Este tipo de modelos de regressão logística permite relacionar a variável de interesse com variáveis explicativas tanto contínuas como discretas. Os dados relativos às diferentes distâncias medidas foram transformados por logaritmização ( $\log(x+1)$ ) (Zar 1996), reduzindo-se a obliquidade.

Devido ao elevado número de variáveis (Tabela 1), foi feita uma correlação de Spearman para testar a correlação entre as diferentes variáveis (Zuur *et al.* 2007). Variáveis altamente correlacionadas ( $\rho > 0.70$ ) seriam excluídas, o que acabou por não se verificar em nenhum caso (Tabela 1 – Anexo II).

Assim, foram contruídos dois modelos, um contendo todas as variáveis de perturbação antrópica e outro com todas as variáveis ambientais. Utilizando o package “MuMIn” criaram-se modelos com todas as combinações possíveis entre as variáveis para os modelos anteriormente referidos. Destes, selecionou-se o melhor modelo para cada análise através do *Akaike Information Criterion* (AIC) (Burnham & Anderson 2002). Posteriormente construiu-se um modelo global contendo as variáveis incluídas nos melhores modelos das duas tipologias de variáveis analisadas – ambientais e antrópicas. Por fim, repetiu-se o procedimento de análise para o modelo global tendo-se selecionado o melhor modelo global de acordo com os critérios descritos anteriormente.

Para avaliar a capacidade preditiva do modelo global gerado calculou-se o valor de *Area Under the Curve* (AUC) através de uma análise ROC (*Receiver Operating Characteristics*) (Fielding & Bell 1997; Manel *et al.* 2001). O gráfico com a curva ROC representa a sensibilidade do modelo (*Sensitivity*), a percentagem de casos de mortalidade corretamente previstos (verdadeiros positivos) em relação à especificidade (*Specificity*),

a percentagem de casos sem mortalidade corretamente previstos (verdadeiros negativos). Valores de AUC de 0,5 a 0,7 indicam uma baixa capacidade preditiva, AUC entre 0,7 e 0,9 uma capacidade moderada e AUC superior a 0,9 uma capacidade preditiva muito alta (Boyce *et al.* 2002).

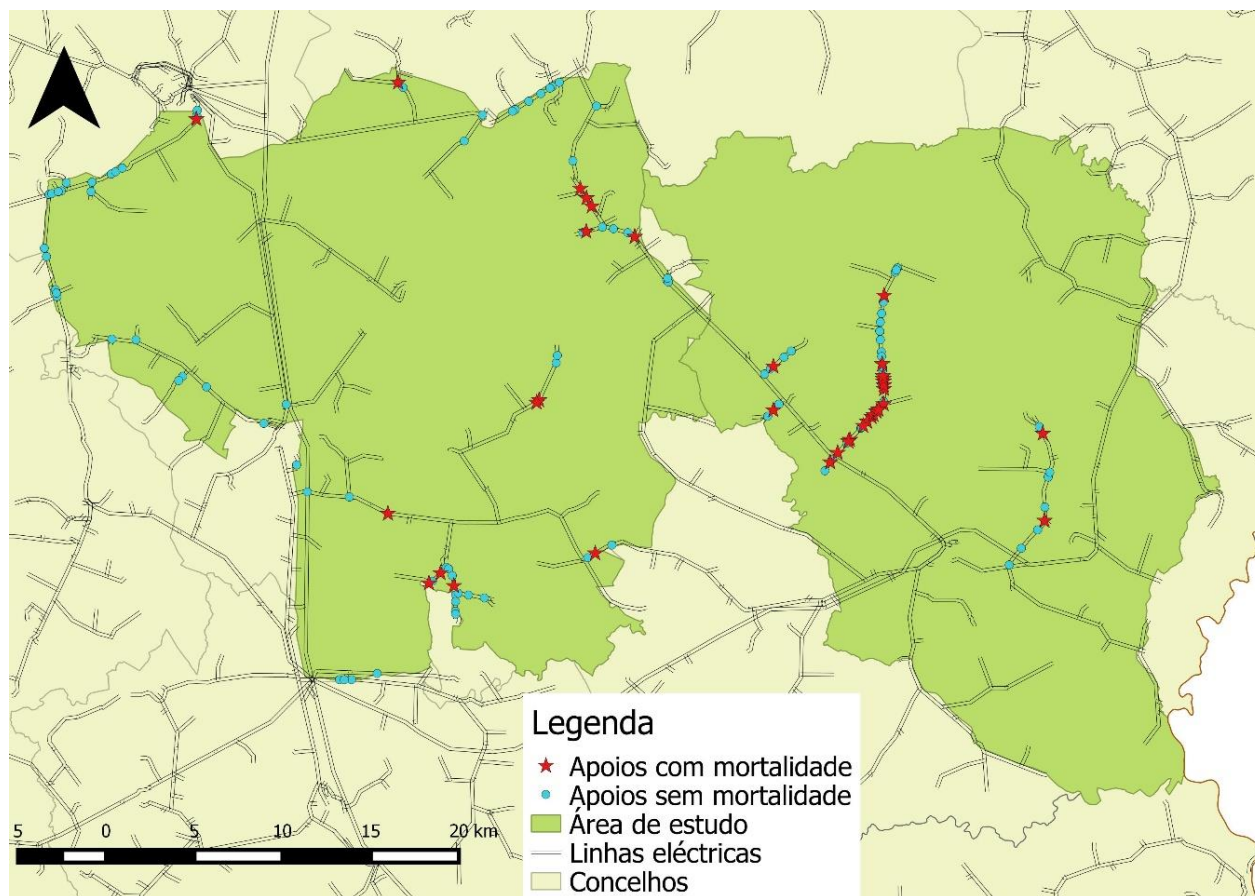
Repetiu-se ainda a análise para os casos de mortalidade de aves de rapina para se testar se seriam selecionados modelos com variáveis específicas para este grupo de aves.

Todos os testes estatísticos foram realizados com recurso ao *software* R v 3.1.2 (R Core Team, 2014) e Microsoft Office Excel 2013. Os modelos GLM foram gerados e seleccionados com recurso aos *packages* “lme4” e “MuMIn” (Bates *et al.* 2011; Barton 2009). Para o cálculo das curvas ROC e do AUC utilizou-se o package “p.ROC” (Robin *et al.* 2011).

## 2.3 Resultados

### 2.3.1 Monitorização dos apoios

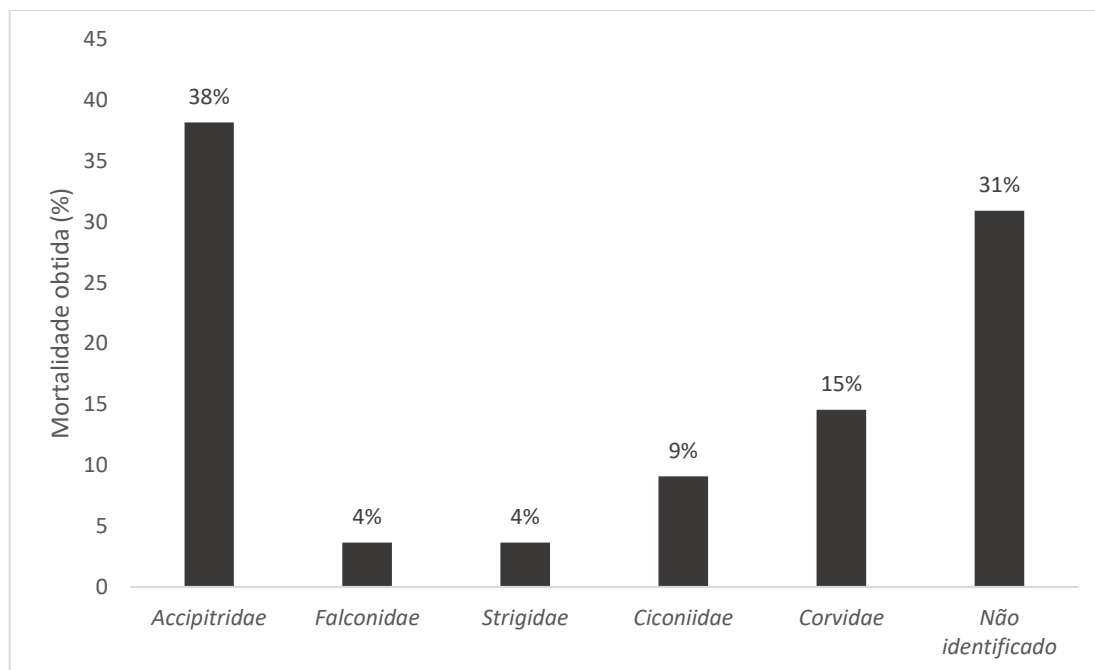
Foram identificados 55 casos de mortalidade em 37 apoios (1 - 4 indivíduos por apoio) no total dos 284 apoios visitados, perfazendo uma taxa de mortalidade total de 0,19 indivíduos/apoio (Figura 3; Tabela 2). Observaram-se casos de mortalidade em 5 famílias diferentes de aves, encontrando-se as rapinas diurnas (*Accipitridae* e *Falconidae*) (42%) e os corvídeos (15%) entre as principais famílias afetadas pela eletrocussão (Figura 4). Ao nível da espécie, identificaram-se casos de mortalidade de 12 espécies diferentes, sendo que as mais afetadas foi a Águia-de-asa-redonda (*Buteo buteo*) (n=11, 20%) e a Gralha-preta (*Corvus corone*) (n=7, 12,7%) (Figura 5). Ao nível das tipologias do apoio, 45 dos casos de mortalidade foram encontrados em apoios TAL (82%), correspondendo a uma taxa de mortalidade de 0,28 indivíduos/apoio, seguindo-se os TAL com derivação HDR e os HRFSC com 3 casos cada (5,5%), com taxas de mortalidade de 0,19 e 0,09 indivíduos/apoio, respetivamente (Tabela 2).



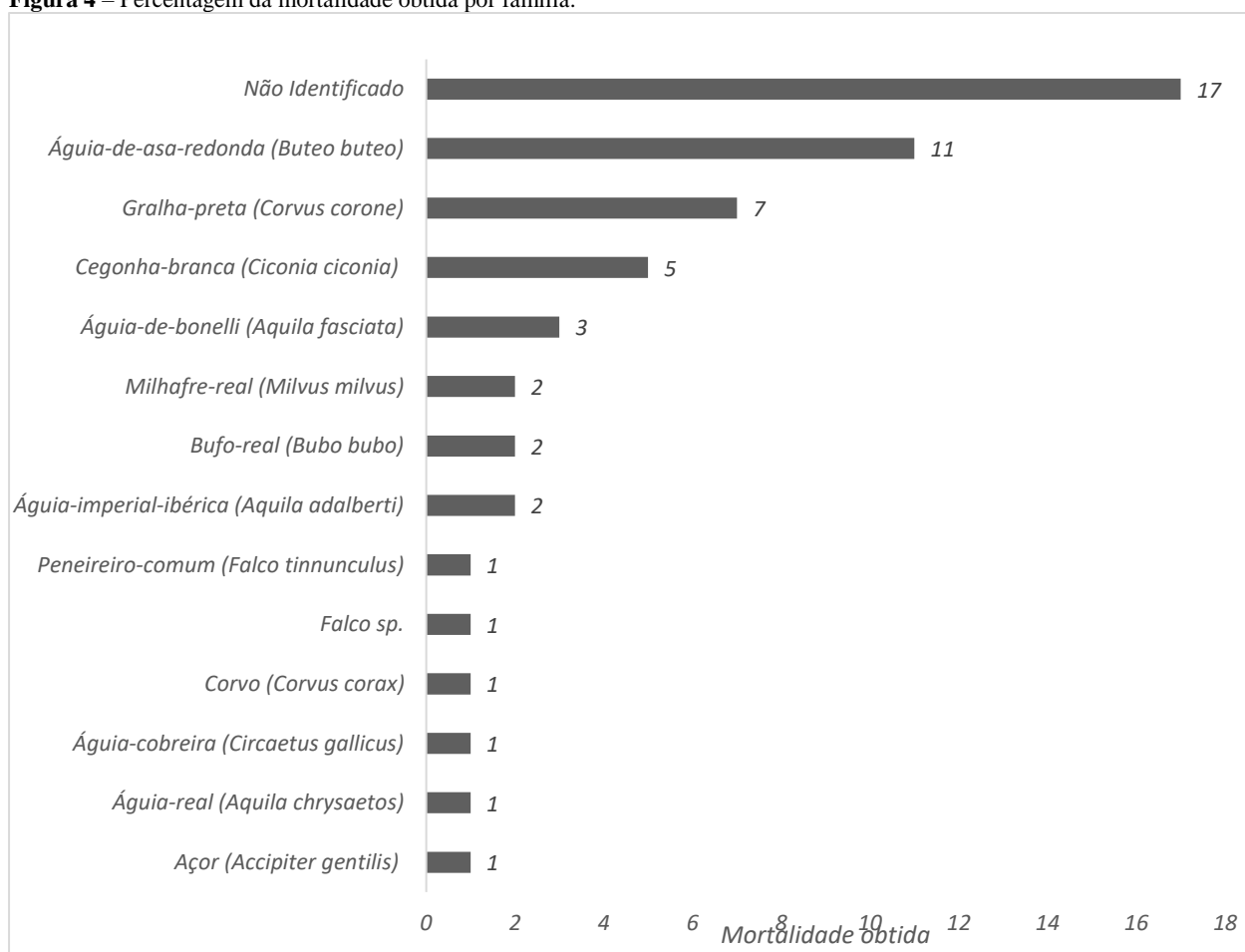
**Figura 3** – Mapa dos apoios com e sem mortalidade selecionados para análise.

**Tabela 2 –Tipologias em que foi detetada mortalidade.** N – nº total de apoios de cada tipologia com mortalidade visitados; **Apoios com mortalidade** – número de apoios de cada tipologia em que se detetou mortalidade; **Nº de indivíduos** – nº de indivíduos eletrocutados em cada tipologia; **Taxa de mortalidade** – nº de indivíduos eletrocutados em cada tipologia/nº total de apoios da tipologia visitados.

Tipologia	Apoios			
	N	c/mortalidade	Nº indivíduos	Taxa mortalidade
GAL	35	1	1	0,03
HRFSC	33	2	3	0,09
PAN/PRF	8	1	1	0,13
TAL	161	28	45	0,28
TAL + HDR	16	3	3	0,19
TRF/TAN	13	1	1	0,08
TAN + HDR	2	1	1	0,50
<b>Total</b>	284	37	55	0,19



**Figura 4** – Percentagem da mortalidade obtida por família.



**Figura 5** – Número total de casos de mortalidade por espécie.

### 2.3.2 Efeito das variáveis em estudo na probabilidade de eletrocussão

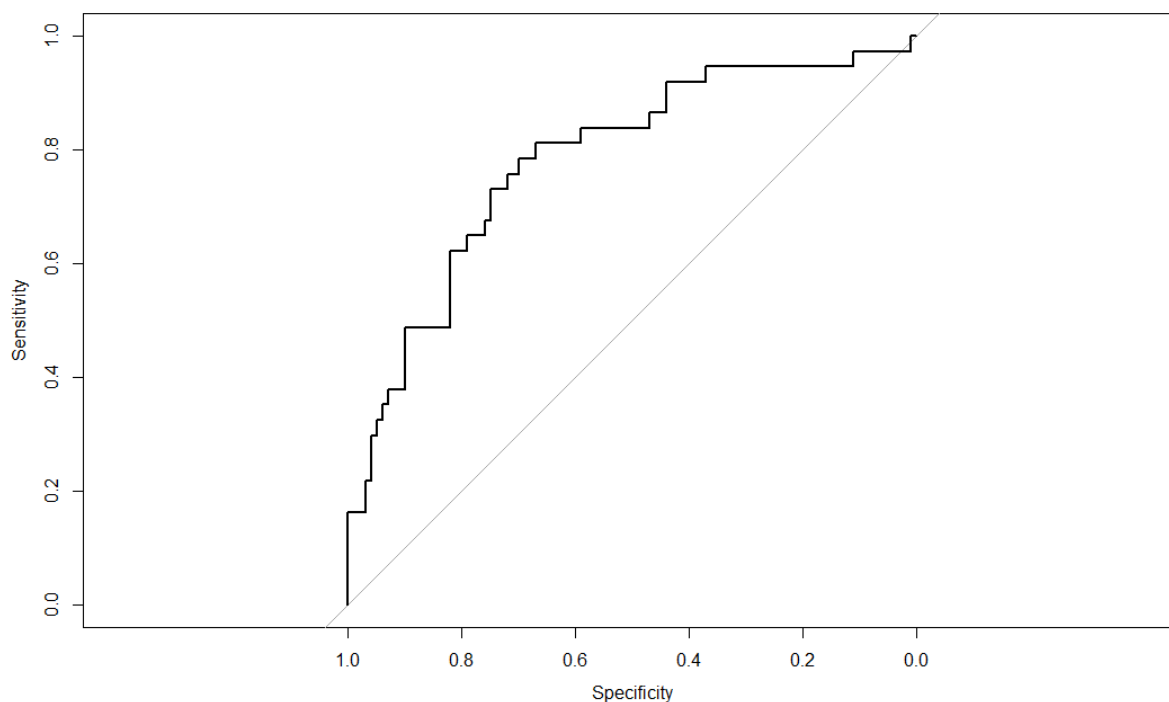
Para as variáveis ambientais, o melhor modelo incluiu apenas a percentagem de cobertura de matos num raio de 25 metros em torno do apoio. Já no caso das variáveis de perturbação antrópica, o melhor modelo incluiu a distância a estradas e a distância a outras edificações (Tabela 2 – Anexo II e Tabela 3 – Anexo II). Assim, construiu-se um modelo global com estas 3 variáveis sendo que o melhor modelo global incluiu a percentagem de cobertura de matos ( $p < 0,001$ ) e a distância a estradas ( $p < 0,05$ ) (Tabela 3, Tabela 4). Através do *Estimate* percebemos a magnitude e a direção do efeito das variáveis (Burham & Anderson 2002). A cobertura de matos influenciou positivamente a mortalidade, ou seja, quanto maior a percentagem de cobertura de matos à volta do apoio maior a probabilidade de eletrocussão. Relativamente à distância a estradas, quanto maior a distância do apoio a estradas alcatroadas, também maior a probabilidade de eletrocussão. O modelo apresentou uma capacidade preditiva moderada ( $AUC = 0,78$ ) (Figura 6).

**Tabela 3** – Comparação entre os melhores modelos globais ( $\Delta_i < 2$ ) com representação do AICc, delta AIC ( $\Delta_i$ ) e Akaike weight ( $w_i$ ).

Modelos	AICc	$\Delta_i$	$w_i$
Distância a estradas, Cob. Matos	139.25	0.00	0.62
Distância a estradas, Cob. Matos, Distância a outras edificações	140.26	1.01	0.38

**Tabela 4** – Variáveis significativas obtidas pelo melhor GLM global para a probabilidade de eletrocussão com um intervalo de confiança de 95%.

	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error (SE)</i>	<i>Z value</i>	<i>Pr(&gt; z )</i>	<i>CI 95%</i>
Intercept	-3.71	1.03	-3.594	< <b>0,001</b>	-7.76 / -0.97
Cob. Matos	0.91	0.25	3.818	< <b>0,001</b>	0.42/1.39
Distância a estradas	0.41	0.19	2.157	< <b>0.05</b>	0.03/ 0.77



**Figura 6** – Curva ROC para o melhor modelo global com um AUC = 0,78.

As aves de rapina (*Accipitridae*, *Falconidae* e *Strigidae*) corresponderam a 55,3% (n=25) da mortalidade dos indivíduos identificados. Os resultados obtidos apenas para os casos de mortalidade de rapinas revelaram resultados semelhantes, com o melhor modelo global a incluir a percentagem de cobertura de matos ( $p < 0,001$ ) e a distância a estradas ( $p < 0,05$ ) (Tabela 5). A maior cobertura de matos num raio de 25 m em torno do apoio influencia positivamente a mortalidade, assim como a maior distância do apoio a estradas alcatroadas.

**Tabela 5** – Variáveis significativas obtidas pelo melhor GLM global para a probabilidade de eletrocussão em aves de rapina com um intervalo de confiança de 95%.

	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error (SE)</i>	<i>Z value</i>	<i>Pr(&gt; z )</i>	<i>CI 95%</i>
Intercept	-4.80	1.39	-3.46	< <b>0,001</b>	-8.95/ -0.22
Cob. Matos	1.08	0.28	3.94	< <b>0,0001</b>	0.53/ 1.63
Distância a estradas	0.50	0.25	2.02	< <b>0.05</b>	0.01/ 1.01

## 2.4 Discussão

A mortalidade obtida neste capítulo foi alta, sobretudo tendo em conta que apenas uma fração da mortalidade é detetada. Além disto, uma vez que a distribuição e hábitos das aves varia ao longo do ano e que os cadáveres podem ser removidos por necrófagos (Ferrer *et al.* 1991; Mañosa 2001; Infante *et al.* 2005), a amostra de mortalidade obtida poderá estar bastante subestimada. De uma forma geral verificam-se dois picos de acidentes de eletrocussão anuais, um no final da Primavera, afetando sobretudo indivíduos reprodutores, e outro no princípio do Outono, relativo a juvenis do ano em dispersão e aves em migração (Cerezo *et al.* 2010). A distribuição e densidade das aves numa determinada área pode ainda variar ao longo



do ano, se esta for usada como ponto de paragem para espécies em migração, área de invernada, colónia de crias, etc. (Izquierdo *et al.* 1997). Assim, para se obter uma estimativa mais precisa da mortalidade por eletrocussão numa determinada área esta deve ser monitorizada ao longo de todo o ano e deve-se usar um fator de correção para a percentagem de cadáveres removidos por necrófagos (Infante *et al.* 2005). Obteve-se uma taxa de mortalidade de 0,19 indivíduos/apoio. Como seria de esperar diferentes tipologias de apoio resultaram em diferentes taxas de mortalidade. Os triângulos com isoladores rígidos (TAL) foram a tipologia mais visitada (161 apoios) e aquela em que se encontrou mais casos de mortalidade (45 indivíduos). Apresentou uma das taxas de mortalidade mais altas, com 0,28 indivíduos/apoio, confirmando a sua elevada perigosidade (Infante *et al.* 2005; ICNB 2010). Os TAL com derivação (HDR) apresentaram também uma taxa de mortalidade elevada, com 0,19 indivíduos/apoio. Destacam-se, com a taxa de mortalidade mais elevada de 0,5 indivíduos/apoio, os triângulos para ângulo com cadeias de amarração (TAN) com derivação (HDR). No entanto, este resultado anormalmente elevado é explicado por apenas se ter visitado dois apoios desta tipologia, um deles com um caso de mortalidade. Por outro lado, a tipologia com a taxa de mortalidade mais baixa correspondente a 0,03 indivíduos/apoio foi os galhardetes com cadeias de suspensão (GAL), com 35 apoios visitados.

Foram detetados casos mortalidade de aves de porte médio a grande. As aves de menores dimensões foram o Peneireiro-comum (*Falco tinnunculus*) e a Gralha-preta (*Corvus corone*). Destaca-se a mortalidade de espécies com estatuto de conservação muito desfavorável: dois casos de Águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*) – Criticamente em Perigo (CR), um caso de Águia-real (*Aquila chrysaetos*) e três casos de Águia de Bonelli (*Aquila fasciata*) – Em perigo (EN), dois casos de Milhafre-real (*Milvus milvus*) - População residente CR, População invernante VU (Vulnerável) (Cabral *et al.* 2005). A eletrocussão em linhas da rede elétrica é uma das principais ameaças à conservação destas espécies, como ficou demonstrado com estes resultados, sendo que, as espécies com baixos efetivos populacionais são particularmente afetadas por esta problemática (Pérez-García 2014).

O desenho técnico do apoio é o fator que o torna mais propenso a casos de eletrocussão (Bevanger 1994; Tintó & Mañosa 2010). No entanto, a localização geográfica e as características ambientais onde o apoio se localiza são parâmetros determinantes para prever o potencial risco de eletrocussão que representa, uma vez que estes fatores determinam a frequência com que são usados pelas aves (Mañosa 2001; Dwyer *et al.* 2013; Pérez-García 2014). Assim, e para testar efetivamente quais os fatores ambientais e antrópicos que influenciam a probabilidade de eletrocussão na área de estudo foram selecionados sobretudo apoios com tipologias e elementos especiais considerados perigosos, minimizando o efeito desta variável. Os resultados obtidos para o melhor modelo produzido para a área de estudo indicam que apoios com maior cobertura de matos em seu redor apresentam maior risco de eletrocussão, suportando os resultados obtidos em outros estudos (Tintó & Mañosa 2010; Izquierdo *et al.* 1997; APLIC 2006; Guil *et al.* 2011). Os matos estão associados a maior abundância de coelho e outras presas de aves de rapina, o que leva a um maior uso destes apoios pelas aves e consequente maior probabilidade de eletrocussão (Janss & Ferrer 1999; Tintó & Mañosa 2010; Guil *et al.* 2011). A probabilidade de eletrocussão aumentou também com a maior distância a estradas, resultado idêntico ao obtido por outros autores (Pérez-García 2014; Izquierdo *et al.* 1997). A variável distância a estradas está positivamente correlacionada com todas as outras variáveis de perturbação antrópica (Tabela 1 – Anexo II). Assim, o aumento dos casos de mortalidade com a maior distância a estradas poderá explicar-se pelas características das aves que mais sofreram eletrocussão na área de estudo, o que parece indicar terem como preferência zonas mais afastadas de perturbação antrópica. O valor de AUC obtido para o modelo foi superior a 0,75, considerado uma capacidade preditiva moderada e adequado para o uso na planificação de ações de conservação (Pearce & Ferrier 2001). A maioria dos casos de mortalidade obtida na área de estudo diz respeito a aves de rapina. A inclusão apenas dos casos de aves de rapina nos modelos revelou o mesmo tipo de resultados (Tabela 5). Por outro lado, estudos em que a maioria da mortalidade detetada pertence a aves associadas a habitats antrópicos, como corvídeos e o Búteo-de-cauda-vermelha (*Buteo jamaicensis*), revelaram tendências diferentes, com maior mortalidade em áreas agrícolas e mais perto de urbanizações e estradas (Dwyer *et al.* 2013; Izquierdo *et al.* 1997). Diferentes comunidades de aves darão diferentes usos aos apoios de acordo com os seus hábitos e habitats preferenciais

(Guil *et al.* 2011; Izquierdo *et al.* 1997, Dwyer *et al.* 2013). Assim, a relação entre as características ambientais e antrópicas e os acidentes de eletrocussão é muito influenciada pelas espécies que maioritariamente sofrem mortalidade (Pérez-García 2014). Por esse motivo há um determinado grau de especificidade dos modelos preditivos de mortalidade para a área em que foi construído, sendo a comunidade de aves existente um fator essencial a ter em conta quando se pretende extrapolar os resultados obtidos para uma área diferente.

### 3. Caracterização dos apoios em que se registou mortalidade por eletrocussão em águias

#### 3.1 Introdução

A eletrocussão é uma das principais causas de mortalidade em aves de rapina (Ferrer *et al.* 1991; Janss y Ferrer 1999; Bayle 1999; Janss 2000; Lehman *et al.* 2007), onde se incluem um grande número de espécies ameaçadas (BirdLife International 2004). Muitas espécies de rapina são sensíveis a esta problemática devido às suas grandes dimensões, o que facilita o contacto entre a ave e diferentes componentes do apoio em tensão, e pela sua predileção pelo uso dos apoios como poisos para caçar (Garrido *et al.* 2009; Izquierdo *et al.* 1997; Janss & Ferrer 2001; Infante *et al.* 2005; Ferrer *et al.* 1991; Janss & Ferrer 1999). Em diversas espécies as fêmeas apresentam maiores dimensões que os machos, sendo assim mais suscetíveis à eletrocussão (López-López *et al.* 2011). Quando ocupam áreas com poucos poisos naturais são mais suscetíveis a acidentes (Olendorff *et al.* 1981; Janss & Ferrer 1999; Lehman *et al.* 2007). Aves de rapina florestais (e.g., *Accipiter spp.*), por possuírem alternativas naturais em abundância para pousar, são menos afetadas pela eletrocussão (Harness & Wilson 2001). Espécies que nidificam no solo (como tartaranhões (*Circus spp.*) e algumas espécies de rapinas noturnas), por caçarem em voo e pousarem perto do solo, são também menos afetadas (Benson 1981; Janss 2000; Lehman *et al.* 2007). Este tipo de mortalidade afeta a dinâmica populacional de rapinas por remover indivíduos saudáveis da população, alterando a densidade populacional (Sergio *et al.* 2004) e afetar classes de idade específicas e sexos de forma desproporcional (Bayle 1999). Assim, esta causa de mortalidade não natural pode em algumas circunstâncias destabilizar populações, podendo potencialmente causar extinções locais (Guil *et al.* 2011). As aves de rapina que são mais frequentemente eletrocutadas no continente europeu são a Águia-de-asa-redonda (*Buteo buteo*), o Milhafre-preto (*Milvus migrans*), o Milhafre-real (*Milvus milvus*) e o Peneireiro-comum (*Falco tinnunculus*) (Lehman *et al.* 2007; Infante *et al.* 2005). A eletrocussão assume contornos ainda mais preocupantes quando é uma das principais causas de mortalidade e diminuição de efetivos de espécies bastante ameaçadas como a Águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*) e a Águia de Bonelli (*Aquila fasciata*) (Ferrer & Hiraldo 1991; González *et al.* 2007; Ferrer & Negro 1992; Ortega *et al.* 2009; Arroyo *et al.* 1990; Real & Mañosa 1997; Real *et al.* 2001; Mañosa & Real 2001; Hernández-Matías *et al.* 2013).

A Águia-de-asa-redonda é a ave de rapina mais afetada pela eletrocussão na Península Ibérica (Baquedano & Peris 2003; Infante *et al.* 2005). Trata-se da espécie de águia mais comum e amplamente distribuída em Portugal devido ao seu carácter generalista (Cramp 1998), tendo um estatuto de conservação nacional e global de “Pouco Preocupante” (LC) (BirdLife International 2015). É uma ave de rapina de porte médio com uma envergadura entre 1,1m e 1,3m. Considerado um migrador parcial, os seus números aumentam em território nacional durante o Inverno como resultado da chegada de efetivos provenientes do Norte da Europa, apesar do grosso da população corresponder a indivíduos residentes. Ocupa grande variedade de habitats estando presente em terrenos arborizados, geralmente em orlas florestais, pequenos bosques com descampados, campos de cultivo, prados e zonas húmidas (del Hoyo *et al.* 1994). A sua dieta é versátil: está dependente da disponibilidade de presas, baseando-se sobretudo em pequenos mamíferos e é complementada por lagomorfos, aves, répteis, anfíbios e invertebrados, e, ocasionalmente necrofagia. Em algumas áreas os invertebrados chegam mesmo a constituir a maioria da sua dieta (del Hoyo *et al.* 1994). Utiliza frequentemente apoios para poiso sendo a eletrocussão uma das principais causas de mortalidade não natural nesta espécie (Lehman *et al.* 2007; Infante *et al.* 2005; Baquedano & Peris 2003). Baquedano & Peris (2003) demonstraram que em alguns locais da Península Ibérica a eletrocussão chega a ser responsável por 96% da mortalidade total observada, sendo os indivíduos juvenis os principais afetados.

A Águia de Bonelli possui uma ampla distribuição que se estende desde o Noroeste africano até ao subcontinente indiano (BirdLife International 2016). No Paleártico Ocidental encontra-se confinada à zona mediterrânica. A população europeia está estimada em 920-1100 casais (García *et al.* 2013), tendo declinado entre 20-50% nas últimas três décadas (Rocamora 1994; Real & Mañosa 1997; Real 2003). O grosso da

população europeia (80%) encontra-se na Península Ibérica, onde a espécie sofreu um declínio de 50% nas últimas três gerações (Bosch *et al.* 2010), tendo a eletrocussão um forte contributo para tal (Real *et al.* 2001). Conta com 100-115 casais em Portugal e 733-768 casais em Espanha (García *et al.* 2013), tendo um estatuto de conservação de “Em Perigo” (EN) em ambos os países (Cabral *et al.* 2005; Madroño *et al.* 2004). É uma águia de tamanho médio a grande, com uma envergadura que varia entre 1,42m e 1,75m, apresentando dimorfismo sexual, com as fêmeas cerca de 25% maiores que os machos (García *et al.* 2013). É uma espécie monogâmica e sedentária, apresentando alta fidelidade ao território que é usado para nidificação, sendo bastante utilizado pelo casal durante o ano (del Hoyo *et al.* 1994, Bosch *et al.* 2010). Os indivíduos juvenis e sub-adultos realizam longos movimentos dispersivos em busca de zonas com grande abundância de presas até se fixarem em territórios por volta dos 3 anos de idade. Em Portugal, 70% da população distribui-se a Sul do Tejo e na Extremadura, com os restantes 30% nas bacias do Douro e Tejo internacionais. Parte da população portuguesa, principalmente a residente a norte do rio Tejo, está fixada nos vales de ribeiras e rios nas bacias do Douro e Tejo, nidificando em escarpas e noutros afloramentos rochosos. Caçam nos terrenos agro-pastoris, montados de azinho e matagais das redondezas (Fráguas 1999). A sul, nas serras do sudoeste, existe uma população que ocupa habitats florestais ou de matagal arborizado e que nidifica maioritariamente em árvores grandes, como sobreiros e eucaliptos (Palma *et al.* 1999). A nidificação em árvore é também frequente nas planícies alentejanas e na parte sul da bacia do Tejo, por norma em cursos de água onde a espécie tem à sua disposição tanto escarpas como eucaliptos e pinheiros-bravos grandes para nidificar, rodeados por cerealicultura extensiva, pastagens, pousios, matos e montados (Inácio *et al.* 1999). Os juvenis e os adultos não reprodutores concentram-se em áreas preferenciais (áreas de assentamento), localizadas principalmente no sul de Portugal, constituídas sobretudo por cerealicultura extensiva e, em menor grau, por zonas húmidas (Pais 2000). A espécie alimenta-se de aves, como a Perdiz-vermelha (*Alectoris rufa*), columbiformes e gaios (*Garrulus glandarius*), e de mamíferos de médio porte (sobretudo coelho-bravo (*Oryctolagus cuniculus*) e lebre (*Lepus granatensis*)) (Moleón *et al.* 2009). Com menor frequência, também caça répteis como o sardão (*Timon lepidus*) (Moleón *et al.* 2009). Dada a especialização na predação de aves, nomeadamente columbiformes, também explora zonas periurbanas e falésias litorais (ICN 2006a). Os habitats abertos, preferencialmente selecionados para caça e muito procurados pelos juvenis durante a fase de dispersão, geralmente coincidem com áreas humanizadas que são atravessadas por numerosas linhas elétricas, cujos apoios são usados como poisos. Isto, aliado à reduzida experiência e habilidade de voo dos juvenis, faz com que esta classe etária seja particularmente afetada pela eletrocussão (Real *et al.* 2001; Bautista *et al.* 2004).

A Águia-imperial-ibérica é uma das aves de rapina mais ameaçadas do mundo (Ferrer 2001). É um endemismo ibérico (Ferrer 2001), estando restrita como nidificante a Portugal e Espanha (BirdLife International 2013). Tem um estatuto de conservação global de “Vulnerável” (VU), com cerca de 400 casais, apresentando atualmente uma tendência populacional crescente, fruto de diversos esforços de conservação direcionados para a espécie (BirdLife International 2013). A espécie sofreu um grande declínio durante a segunda metade do século XX em toda a sua área de distribuição, tendo culminado com o desaparecimento da população reprodutora em Portugal entre o final da década de 1970 e o início da década de 1980. Em Portugal, a nidificação só voltou a ser confirmada em 2003, na região do Tejo Internacional. A população tem vindo a aumentar lentamente até atingir, em 2015, 13 casais distribuídos pelas regiões da Beira Baixa, Alto Alentejo e Baixo Alentejo, apresentando ainda o estatuto de conservação de “Criticamente em Perigo” (CR) (Cabral *et al.* 2008). É uma águia de grandes dimensões, com uma envergadura que varia entre o 1,90m e 2,10m, apresentando dimorfismo sexual, com as fêmeas até 10% maiores que os machos (Ferrer & De le Court 1992). A Águia-imperial-ibérica, uma vez reprodutora, é uma ave sedentária, monogâmica e territorial, mantendo-se normalmente no território ao longo de todo o ano (González *et al.* 2008). Nidifica em árvores de grandes dimensões, e ocasionalmente em apoios elétricos (González 1991), preferencialmente longe de zonas de perturbação antrópica (Bisson *et al.* 2002). Em Portugal, o habitat da Águia-imperial é principalmente constituído por um mosaico de montados de azinho e de sobreiro, matagal mediterrânico, intercalados com áreas de cerealicultura extensiva e pastagens (ICN 2006b; Cabral *et al.* 2005). Os juvenis e imaturos, que constituem a maior parte da população em território nacional,

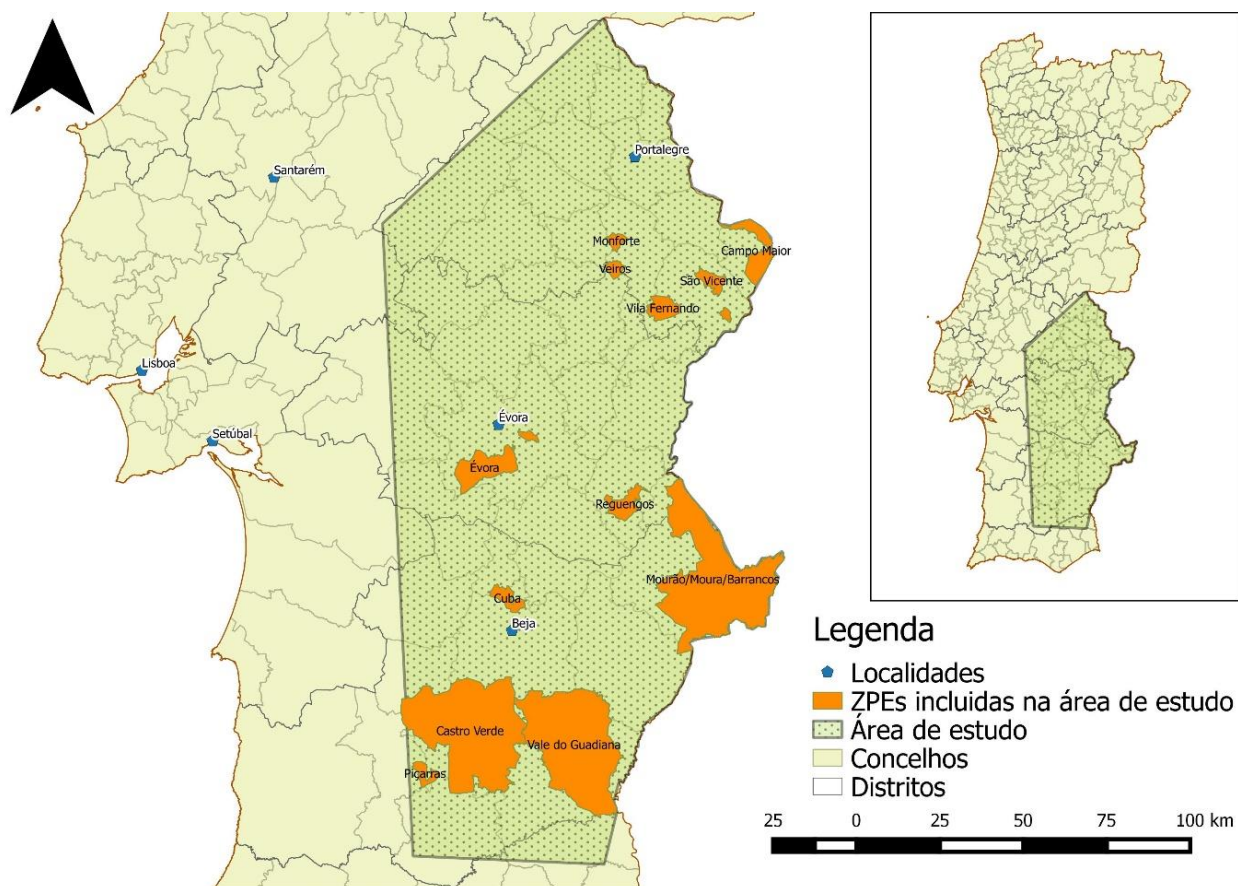
efetuam longos movimentos dispersivos, frequentando áreas com grande abundância de alimento (áreas de assentamento) ao longo dos primeiros anos de vida. Assim, frequentam sobretudo zonas pseudo-estepárias com escasso coberto arbóreo (e.g. ZPE Castro Verde) e, ainda que com menos frequência, zonas húmidas (e.g. ZPE Estuário do Tejo) (ICN 2006b). A espécie alimenta-se principalmente de coelho-bravo, sendo a sua abundância e distribuição um fator que limita a densidade, distribuição e sucesso reprodutor da espécie (Ferrer & Negro 2004). Faz ainda parte da sua dieta muitas outras espécies como a lebre e outros mamíferos de pequeno e médio porte, a perdiz-vermelha, pombos, corvídeos, entre outras aves, e também répteis como o sardão e cobras (ICN 2006b). Apresentam um forte comportamento necrófago, o que torna a espécie bastante suscetível a casos de envenenamento. A eletrocussão nesta espécie afeta sobretudo juvenis, pelos mesmos motivos descritos para a águia de Bonelli, tendo-se verificado também que afeta os sexos de forma desproporcional (López-López *et al.* 2011). Segundo Ferrer & Hidalgo (1992) as fêmeas, de maiores dimensões, são mais frequentemente afetadas, com 3,57 fêmeas eletrocutadas por cada macho. Isto, acoplado a populações pequenas e por vezes com baixo sucesso reprodutor, pode originar um rápido declínio populacional (López-López *et al.* 2011).

Diferentes espécies e classes de idade exibem diferentes hábitos, comportamentos e requisitos de habitat (Janss & Ferrer 2001). Assim, não se espera uma distribuição igual de mortalidade de diferentes espécies entre diferentes tipos de habitat (Janss & Ferrer 2001). Neste capítulo pretende-se aprofundar este tema e comparar as características ecológicas e antrópicas dos apoios onde morreram indivíduos de Águia-imperial-ibérica, Águia de Bonelli e Águia-de-asa-redonda, de forma a investigar se e de que forma influenciam a probabilidade de eletrocussão destas espécies. As espécies foram selecionadas pela elevada sensibilidade que apresentam à eletrocussão; pelo estatuto de conservação muito desfavorável, no caso da Águia-imperial-ibérica e da Águia de Bonelli; e pelo grande número de casos de eletrocussão, no caso da Águia-de-asa-redonda.

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Área de estudo

A área de estudo para este capítulo inclui o Alentejo Interior, composto pelas sub-regiões Alto Alentejo, Alentejo Central e Baixo Alentejo, e uma pequena fração do nordeste algarvio (aproximadamente 22 mil km<sup>2</sup>) (Figura 7). Numa área tão vasta a paisagem é bastante heterogénea e altamente moldada pelo Homem, apresentando vastas áreas de relevos suaves intercalados por zonas de relevos mais acentuados. A paisagem é dominada por montado de azinho e sobreiro, áreas de produção cerealífera e pastagens, matagais mediterrânicos, zonas montanhosas e serranas, os vales escarpados da bacia hidrográfica do Rio Guadiana e a extensa albufeira do Alqueva. Ainda presente na área existem usos de solo mais intensos e que incluem culturas anuais intensivas, como o milho, ou culturas permanentes intensivas, como é o caso do olival. A nível de presença humana, este território caracteriza-se por baixos níveis de densidade populacional (22 hab./km<sup>2</sup>) (INE 2010). A densidade populacional é mais baixa na sub-região Baixo Alentejo (apenas 15 hab./km<sup>2</sup>), apresentando-se ligeiramente mais elevada no Alto Alentejo (19 hab./km<sup>2</sup>) e no Alentejo Central (23 hab./km<sup>2</sup>) (INE 2010). Desta área de estudo fazem parte diversas zonas de elevada importância para a biodiversidade e com estatuto de conservação especial, incluindo o Parque Natural da Serra de São Mamede e o Parque Natural do Vale do Guadiana e um total de 14 ZPEs, tais como a ZPE de Castro Verde, ZPE de Moura-Mourão-Barrancos, ZPE de Cuba, ZPE de Évora e ZPE de Campo Maior, entre outras (Figura 7). Estas paisagens e habitats têm grande importância para a conservação das aves de rapina ibéricas, apesar da presença humana, incluindo muitas com estatuto de conservação desfavorável como é o caso da Águia-imperial-ibérica e a Águia de Bonelli. De uma forma geral, os montados são áreas onde estas aves nidificam e podem até caçar, enquanto as zonas abertas de pastagens e de culturas tradicionais de cereal de sequeiro são zonas onde caçam (Sillero *et al.* 2013). As três espécies alvo apresentam distribuições que incluem a área de estudo.

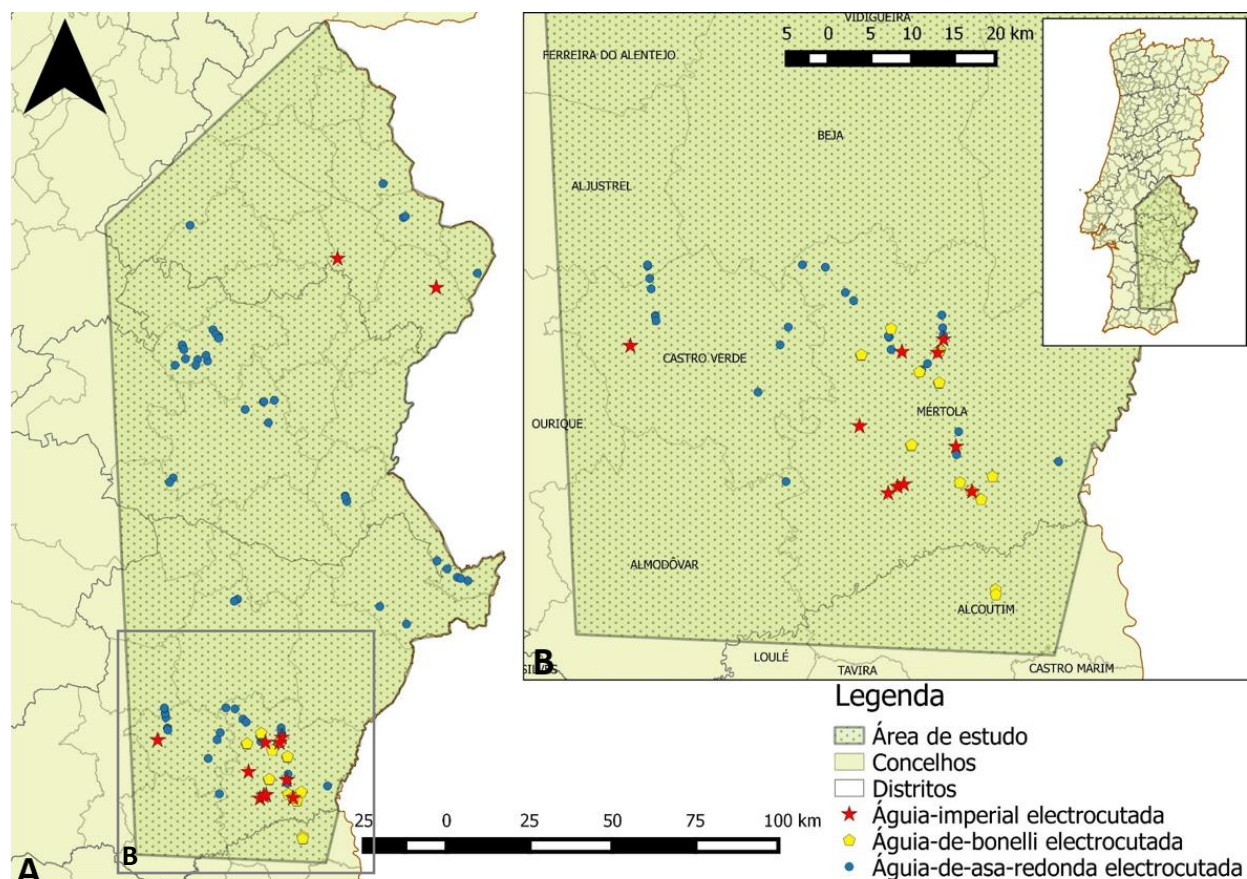


**Figura 7** – Mapa da área de estudo para “Caracterização dos apoios em que se registou mortalidade por eletrocussão em águias”.

### 3.2.2 Recolha de dados

Os dados recolhidos para este capítulo foram obtidos através de informação compilada nos Protocolos Avifauna no âmbito da CTALEA (Comissão Técnica de Acompanhamento sobre Linhas Elétricas e Aves), que congrega a EDP Distribuição, ICNF, SPEA, Quercus e LPN, e foi cedida pela SPEA. A esta informação juntou-se os dados obtidos resultantes do trabalho de campo realizado na monitorização mensal de linhas elétricas no âmbito do Projeto LIFE Imperial e na visita a apoios não corrigidos para eletrocussão na ZPE de Castro Verde. Assim, foi reunida a informação existente para a eletrocussão de Águia-imperial-ibérica, Águia de Bonelli e Águia-de-asa-redonda, desde 2003 a 2015. Para a Águia-de-asa-redonda são conhecidos 76 casos de eletrocussão, em 66 apoios diferentes, amplamente distribuídos pela área de estudo (Figura 8). Para a Águia-imperial-ibérica são conhecidos 13 casos de eletrocussão, ocorridos em 13 apoios diferentes, todos eles pertencentes à área de estudo. No entanto, é desconhecido um dos apoios em que ocorreu um episódio de eletrocussão, em Granja (Mourão), pelo que apenas 12 casos entraram para a análise. A mortalidade foi sobretudo obtida no Baixo-Alentejo, com 9 casos no concelho de Mértola e um no concelho de Castro-Verde, e 2 casos para o Alto-Alentejo, um no concelho de Monforte e outro no de Elvas (Figura 8). Para a Águia de Bonelli, foram compilados 17 casos de eletrocussão, em 16 apoios diferentes, para a área de estudo. A mortalidade detetada encontra-se muito concentrada, estando distribuída pelos concelhos de Mértola e Alcoutim (Figura 8).





**Figura 8** – A - Mapa da área de estudo com a distribuição da mortalidade das três espécies, Águia-imperial-ibérica, Águia de Bonelli e Águia-de-asa-redonda. B – Pormenor da zona mais a sul da área de estudo onde se concentra grande parte da mortalidade.

### 3.2.3 Obtenção de variáveis ambientais e antropogénicas

Com recurso a um Sistema de Informação Geográfica (*QGIS v2.6.0 Brighton*) e ao *Google Earth*, e através de uma *shapefile* da localização dos apoios em estudo determinou-se para cada: a percentagem de cobertura de matos e cobertura arbórea presente num raio de 25 metros (Mañosa 2001; Guil *et al.* 2011) em sua volta (escala de grandeza de 6 níveis: 0%; 0-25%; 25%-50%; 50%-75%; 75%-100%; 100%); 5 categorias de habitat de acordo com Corine (2006), com correções confirmadas no *Google Earth* (a - Culturas temporárias de sequeiro; b - Culturas permanentes – e.g. olivais, vinhas, pomares; c - Agricultura com espaços naturais e semi-naturais – zonas abertas com matos esclerófilos; d - Sistemas agro-florestais – sobretudo montado de sobro e azinho; e - Novas plantações florestais – sobretudo pinheiro manso e sobreiro (Figura 1 – Anexo III)); a distância mais próxima (em metros) a: i) linha de água, ii) localidade/sítio (mais de 15 edifícios), iii) edificação, iv) estrada de alcatrão. As imagens de satélite utilizadas no *Google Earth* foram selecionadas de modo a serem as mais aproximadas temporalmente das datas em que ocorreram as eletrocussões. O conjunto de variáveis ambientais e de presença antrópica reunidas para cada apoio encontram-se discriminadas na tabela abaixo (Tabela 6).

**Tabela 6** – Lista de variáveis ambientais e antropogênicas obtidas para cada apoio.

Variável	Fonte	Tipo de variável
<b><i>Variáveis habitat</i></b>		
Cobertura de matos	<i>Google Earth</i>	Discreta (6 classes)
Cobertura arbórea	<i>Google Earth</i>	Discreta (6 classes)
Culturas temporárias de sequeiro	Corine (2006) <u>Agência Europeia do Ambiente</u> ( <a href="http://www.eea.europa.eu/">http://www.eea.europa.eu/</a> )	Discreta (Presença/Ausência)
Culturas permanentes	Corine (2006)	Discreta (Presença/Ausência)
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais	Corine (2006)	Discreta (Presença/Ausência)
Sistemas agro-florestais	Corine (2006)	Discreta (Presença/Ausência)
Novas plantações florestais	Corine (2006)	Discreta (Presença/Ausência)
<b><i>Variáveis distância</i></b>		
Distância a linha de água (m)	<i>QGIS/Google Earth</i>	Contínua
Distância a localidade/sítio (m)	<i>QGIS/Google Earth</i>	Contínua
Distância a edificação (m)	<i>QGIS/Google Earth</i>	Contínua
Distância a estradas de alcatrão (m)	<i>QGIS/Google Earth</i>	Contínua

### 3.2.4 Análise estatística

Para determinar quais as variáveis ambientais e antropogênicas que influenciam a probabilidade de eletrocussão entre as três espécies de águia recorreu-se a modelos GLM (*Generalized Linear Models*), onde o número de casos de mortalidade de cada espécie por apoio foi considerado a variável dependente e as variáveis ambientais e antropogênicas como variáveis independentes. Todos os apoios considerados nesta análise apresentam mortalidade de uma das espécies em estudo. Assim, como para a Águia de Bonelli e Águia-de-asa-redonda se determinaram apoios com mais do que 1 caso de mortalidade por apoio, utilizou-se uma distribuição *Poisson* e no caso da Águia-imperial-ibérica, por apenas se verificar um caso de mortalidade por apoio, utilizou-se uma distribuição binomial. Os dados relativos às diferentes distâncias medidas foram standardizados através da transformação por logaritmização ( $\log(x+1)$ ), reduzindo a obliquidade. Devido ao elevado número de variáveis (Tabela 6), foi feita uma correlação de *Spearman* para testar a correlação entre as diferentes variáveis (Zuur *et al.* 2007). Variáveis altamente correlacionadas ( $r > 0.70$ ) seriam excluídas, o que acabou por não se verificar em nenhum caso (Tabela 1 – Anexo III). Criaram-se dois modelos para cada espécie, um contendo as variáveis habitat e o outro contendo as variáveis distância. Utilizando o package “MuMIn” criaram-se modelos com todas as combinações possíveis entre as variáveis para os modelos anteriormente referidos. Destes, selecionou-se o melhor modelo para cada análise através do *Akaike Information Criterion* (AIC) (Burnham & Anderson 2002). Posteriormente construiu-se um modelo global contendo as variáveis incluídas nos melhores modelos das duas tipologias de variáveis analisadas – habitat e distâncias. Por fim, repetiu-se o procedimento de análise para o modelo global tendo-se selecionado o melhor modelo global de acordo com os critérios descritos anteriormente.



Para avaliar a capacidade preditiva dos melhores modelos gerados para cada espécie calculou-se o valor de *Area Under the Curve* (AUC) através de uma análise ROC (*Receiver Operating Characteristics*) (Fielding & Bell 1997; Manel *et al.* 2001).

Todos os testes estatísticos foram realizados com recurso ao *software* R v 3.1.2 (R Core Team, 2014) e Microsoft Office Excel 2013. Os modelos GLM foram gerados e selecionados com recurso aos *packages* “lme4” e “MuMIn” (Bates *et al.* 2011; Bolker *et al.* 2009). Para o cálculo das curvas ROC e do AUC utilizou-se o package “p.ROC” (Robin *et al.* 2011).

### 3.3 Resultados

A mortalidade das diferentes águias foi encontrada em diversas tipologias de apoio, sendo os TAL a tipologia onde se encontrou a grande maioria das eletrocussões (Tabela 7).

**Tabela 7** – Número de casos de mortalidade (n) e percentagem (%) de cada espécie encontrada em diferentes tipologias de apoio.

Espécies	TAL		HRFSC		TAL + HDR		TAN/ TRF		VAN/ VRF		GAL		GAN		Outros	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>B. buteo</i>	51	68	1	1,3	4	5,3	2	2,7	3	4	4	5,3	3	4	7	9,3
<i>A. fasciata</i>	14	82,4	2	11,8	1	5,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. adalberti</i>	9	75	1	8,3	0	0	1	8,3	1	8,3	0	0	0	0	0	0

A mortalidade das diferentes espécies variou também com os diferentes habitats em estudo. A Águia-de-asa-redonda apresentou mortalidade em todos os tipos de habitat, mas em maiores números em sistemas agro-florestais (44%) e culturas temporárias de sequeiro (21%). A mortalidade de Águia-imperial-ibérica foi encontrada sobretudo em áreas de agricultura com espaços naturais e semi-naturais (67%), com alguns casos em culturas temporárias de sequeiro (25%). No caso da Águia de Bonelli, tal como para a Águia-imperial-ibérica, a maioria da mortalidade foi encontrada em áreas de agricultura com espaços naturais e semi-naturais (53%). Em áreas com novas plantações florestais foi também encontrada uma parte significativa da mortalidade desta espécie (35%) com os restantes casos em sistemas agro-florestais (12%). (Tabela 8) (Figura 1 – Anexo III).

**Tabela 8** – Número de casos de mortalidade (n) e percentagem (%) de cada espécie nos diferentes habitats em estudo.

Espécies	Culturas t. de sequeiro		Culturas permanentes		Agricultura c/ espaços naturais		Sistemas agro-florestais		Novas plant. florestais	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Buteo buteo</i>	23	31	6	8	8	11	33	44	6	11
<i>Aquila fasciata</i>	0	0	0	0	9	53	2	12	6	35
<i>Aquila adalberti</i>	3	25	0	0	8	67	1	8	0	0

#### 3.3.1 Efeito das variáveis em estudo na probabilidade de eletrocussão das diferentes espécies

(Os resultados obtidos para os melhores modelos intermédios (modelos de habitat e de distâncias) e melhores modelos globais de cada espécie encontram-se no Anexo III (tabela 2, tabela 3 e tabela 4).

Para a Águia-de-asa-redonda o melhor modelo incluiu a “Agricultura com espaços naturais e semi-naturais” e “Novas plantações florestais” (Tabela 9). Comparativamente com a mortalidade das outras espécies há

menor probabilidade para encontrar mortalidade de Águia-de-asa-redonda em apoios em áreas de “Agricultura com espaços naturais e semi-naturais”, sendo esta variável significativa. Para a Águia de Bonelli o melhor modelo incluiu a “distância à edificação mais próxima”, a “Agricultura com espaços naturais e semi-naturais”, “Sistemas agro-florestais” e “Novas plantações florestais” (Tabela 9). Para esta espécie não se verificaram variáveis que influenciam significativamente a sua mortalidade. Para a Águia-imperial-ibérica o melhor modelo incluiu a “Agricultura com espaços naturais e semi-naturais” e as “Culturas temporárias de sequeiro” (Tabela 9). As variáveis que influenciam significativamente a sua mortalidade são os apoios em áreas de “Agricultura com espaços naturais e semi-naturais”, aumentando a mortalidade em áreas com este habitat.

Os modelos criados para cada uma das espécies de águias apresentaram capacidades preditivas moderadas, com  $AUC > 0,75$ . Para a Águia-de-asa-redonda o modelo criado apresentou um AUC de 0,79 (Figura 2 – Anexo III). Para Águia-imperial-ibérica o modelo criado apresentou um AUC de 0,80 (Figura 3 – Anexo III). E para a Águia de Bonelli o modelo criado apresentou um AUC de 0,88 (Figura 4 – Anexo III).

**Tabela 9** – Variáveis constituintes dos melhores modelos GLM para cada espécie. Variáveis significativas estão representadas a negrito.

	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error (SE)</i>	<i>Z value</i>	<i>Pr(&gt; z )</i>	<i>CI 95%</i>
<b>Águia-de-asa-redonda</b>					
Intercept	0.05	0.13	0.39	0.7	-0.99 / 0.59
<b>Agricultura c/ espaços naturais</b>	<b>-1.11</b>	<b>0.38</b>	<b>-2.94</b>	<b>&lt; 0.01</b>	<b>-1.68 / -0.42</b>
Novas plant. florestais	-0.66	0.43	-1.53	0.13	-1.35 / 0.09
<b>Águia de Bonelli</b>					
Intercept	-25.7	2725	-0.01	0.992	-3.8e <sup>3</sup> / 3766
Dist. edificações	0.89	0.61	1.47	0.14	-9.4e <sup>3</sup> / 2.06
Agricultura c/ espaços naturais	19	2725	0.01	0.994	-3.8e <sup>3</sup> / 3797
Sistemas agro-florestais	17.5	2725	0.01	0.995	-4.5e <sup>3</sup> / 4564
Novas plant. florestais	19.2	2725	0.01	0.994	-3.8e <sup>3</sup> / 3797
<b>Águia-imperial-ibérica</b>					
<b>Intercept</b>	<b>-3.81</b>	<b>1.011</b>	<b>-3.77</b>	<b>0</b>	<b>-5.33 / -0.07</b>
<b>Agricultura c/ espaços naturais</b>	<b>3.18</b>	<b>1.10</b>	<b>2.89</b>	<b>&lt; 0.01</b>	<b>0.97 / 4.52</b>
Culturas t. de sequeiro	1.86	1.19	1.57	0.12	-0.13 / 3.82

### 3.4 Discussão

A grande maioria da mortalidade das três águias foi encontrada em apoios da tipologia TAL, confirmando a elevada perigosidade que representa. Apenas a tipologia HRFSC foi também responsável por mortalidade nas três espécies. No entanto, apesar do elevado número de casos de mortalidade de Águia-de-asa-redonda considerados nesta análise, apenas num apoio desta tipologia foi encontrado um caso de mortalidade desta espécie, apresentando a menor percentagem de mortalidade nesta tipologia. A tipologia HRFSC é uma das mais perigosas por conter elementos em tensão (o seccionador) no topo do apoio, apresentando risco de eletrocussão a um maior espectro de aves com diferentes dimensões, representando perigo mesmo para aves mais pequenas. Assim, e tendo em conta que a Águia-de-asa-redonda é a espécie de menores dimensões relativamente às outras espécies em estudo, seria expectável uma maior percentagem de mortalidade nesta tipologia. O facto de isto não se ter verificado poderá ser explicado por diferenças comportamentais entre as espécies. Devido às dimensões mais pequenas, a Águia-de-asa-redonda poderá ter mais facilidade em poisar em diferentes tipologias do que as águias maiores, em que um apoio da tipologia HRFSC, pelo seu desenho técnico (Tabela 1 – Anexo I), poderá apresentar uma superfície mais fácil para o poiso.

Para a Águia-de-asa-redonda, a variável que melhor explica a mortalidade desta espécie são os apoios em áreas de agricultura com espaços naturais e semi-naturais. Este tipo de habitat caracteriza-se por espaços abertos com pouca cobertura arbórea e presença de matos esclerófilos. Encontra-se correlacionado, de forma positiva, com a cobertura de matos ( $\rho = 0.6$ ,  $p = 0$ ) e de forma negativa com a cobertura arbórea ( $\rho = -0.25$ ,  $p < 0.05$ ) (Tabela 1 – Anexo III). Apoios neste tipo de habitat terão menor probabilidade de apresentar mortalidade desta espécie, comparativamente com as outras em estudo. O facto de se ter encontrado muita mortalidade desta espécie também em culturas temporárias de sequeiro, correlacionadas de forma negativa com a cobertura de matos ( $\rho = -0.43$ ,  $p = 0$ ) (Tabela 1 – Anexo III), evidencia a sua pouca dependência relativamente a esta estrutura de vegetação, associada à existência de coelho e perdiz (Carrascal & Seoane 2009). De facto, a sua dieta é bastante versátil, estando pouco dependente destas presas e baseia-se mais em pequenos mamíferos. A Águia-de-asa-redonda, a rapina mais afetada pela eletrocussão em Portugal (Infante *et al.* 2005) e a mais comum, apresentou o maior número de casos conhecidos de mortalidade, amplamente distribuídos pela área de estudo. Foi também a única espécie que apresentou mortalidade em todos os tipos de habitat em estudo, o que é indicador do seu carácter mais generalista (Cramp 1998).

Pelo contrário, para a Águia-imperial-ibérica o melhor modelo indica que a mortalidade da espécie aumenta em apoios em áreas de agricultura com espaços naturais e semi-naturais, comparativamente com as outras espécies em estudo. A sua alta dependência de coelho (Ferrer & Negro 2004) faz com que esteja também bastante dependente de áreas com maior cobertura de matos, onde estes abundam (Carrascal & Seoane 2009). Houve também alguns casos de mortalidade em culturas temporárias de sequeiro (25%) (Tabela 8). Ambos os habitats estão correlacionados com uma baixa cobertura arbórea (Tabela 1 – Anexo III). De facto, os casos de mortalidade desta espécie dizem sobretudo respeito a indivíduos juvenis e imaturos (dados não publicados), que usam áreas com grande abundância de alimento (áreas de assentamento) que se caracterizam por escasso coberto arbóreo (Mañosa *et al.* 1998; Ferrer 1993). Nestas zonas, pela escassez de poisos naturais, os apoios acabam por ser bastante usados como substitutos, o que aumenta substancialmente o risco de eletrocussão.

Para a Águia de Bonelli o melhor modelo não apresentou variáveis significativas. Tal como para a Águia-imperial-ibérica, a maioria da mortalidade (53%) foi encontrada em áreas de agricultura com espaços naturais e semi-naturais (Tabela 8). Em áreas com novas plantações florestais, sobretudo pinheiro manso e sobreiro, foi também encontrada uma parte significativa da mortalidade desta espécie (35%), com os restantes casos em sistemas agro-florestais (12%) (Tabela 8). A Águia de Bonelli apresenta algumas semelhanças ecológicas com a Águia-imperial-ibérica, sendo que na área de estudo dão uso ao mesmo tipo de habitats de alimentação, com os juvenis e sub-adultos de ambas as espécies a usarem o mesmo tipo de habitats como áreas de assentamento. De facto, a mortalidade de ambas as espécies encontra-se muito concentrada no Baixo-Alentejo, sobretudo no concelho de Mértola, demonstrando isso mesmo. A Águia-imperial-ibérica é a espécie mais especialista das três, estando a sua distribuição altamente dependente da

presença de coelho (Ferrer & Negro 2004). Conforme mencionado, a Águia-de-asa redonda é uma espécie generalista, fazendo um maior uso de diferentes tipos de habitat, com uma dieta bastante versátil (Cramp 1998, del Hoyo *et al.* 1994). Assim, a Águia de Bonelli parece encontrar-se, grosseiramente, numa posição intermediária entre as três, o que poderá justificar a inexistência de resultados significativos. Há ainda que ter em conta o baixo número de casos de mortalidade desta espécie, e sobretudo de Águia-imperial-ibérica, o que afeta negativamente a qualidade dos resultados dos modelos. Ainda assim, o valor de AUC obtido para os diferentes modelos das diferentes espécies foi superior a 0,75 (Figura 2 – Anexo III; Figura 3 – Anexo III; Figura 4 – Anexo III), considerado adequado para o uso na planificação de ações de conservação (Pearce y Ferrier 2001). É importante ter em conta que, sobretudo no caso da Águia-imperial-ibérica e Águia de Bonelli, os habitats usados pelos indivíduos adultos diferem dos usados por juvenis e imaturos (Janss & Ferrer 2001). Assim, e uma vez que a mortalidade é mais baixa em adultos relativamente às outras classes de idade (Real *et al.* 2001; Bautista *et al.* 2004, López-López *et al.* 2011) os resultados obtidos neste tipo de modelos poderão não ser representativos para toda a espécie.

Os dados de mortalidade por eletrocussão compilados neste capítulo são reveladores da magnitude que esta problemática representa para as espécies em estudo. Ainda assim, muitos casos de eletrocussão não serão detetados, pelo que esta ameaça poderá estar bastante subvalorizada. Os dados obtidos não são representativos da mortalidade real existente no terreno, uma vez que não foram coletados de forma sistemática ao longo da área de estudo. A concentração de casos poderá estar mais relacionada com o esforço de busca do que com a mortalidade real.

#### 4. Avaliação da eficácia de diferentes equipamentos de minimização de eletrocussão de avifauna

##### 4.1 Introdução

Várias medidas têm sido implementadas com o objetivo de prevenir ou minimizar a eletrocussão. Dentro destas, incluem-se a utilização de tipologias de apoio consideradas seguras e de materiais não condutores para o apoio e armação (como madeira ou fibra de vidro) na construção de novas linhas, ou a correção de linhas já existentes. A correção de apoios elétricos tem-se mostrado um método eficaz para a redução da eletrocussão em apoios perigosos (Negro 1999, Sevillana-Iberdrola-REE 1995), tendo dado um contributo importante para atenuar o declínio de várias espécies, como a muito ameaçada Águia-imperial-ibérica ou a Águia de Bonelli (López-López *et al.* 2011; Ferrer 2012; Pérez-García 2014). Com a implementação de diferentes dispositivos nos pontos de maior risco ou através da modificação de certos aspetos do desenho do apoio pode obter-se uma considerável redução do risco de acidentes (Sevillana-Iberdrola-REE 1995; APLIC 2006). Em muitos casos consegue-se uma redução significativa da perigosidade de uma linha com a correção de alguns apoios mais perigosos responsáveis pela maioria da mortalidade (Sevillana-Iberdrola-REE 1995).

As medidas de correção que têm sido mais amplamente utilizadas são a) dispositivos anti-poiso e anti-nidificação, cujo objetivo é evitar que as aves poísem nos apoios, ou obrigá-las a poisar em locais seguros do apoio, e impossibilitar a nidificação (Figura 1 – Anexo IV); b) substituição de seccionadores em posição horizontal no topo do apoio, com os elementos em tensão disponíveis para o poiso das aves, para uma montagem vertical de mais difícil acesso (Figura 3 – Anexo I); c) aumento da distância entre os condutores, ou destes com o apoio; d) substituição de isoladores rígidos por isoladores em cadeia de suspensão nos apoios para alinhamento e de arcos que passem acima do plano da travessa para baixo desta (Figura 2 – Anexo I; Figura 1 – Anexo I); e e) isolamento dos condutores, arcos e armação para evitar que haja contacto entre a ave e os elementos em tensão (ICNB 2010). A modificação mais segura para as aves e que também elimina o risco de colisão com cabos é a passagem para linhas subterrâneas. Lamentavelmente esta medida é bastante dispendiosa e necessita de determinadas condições (localização e terreno apropriado, linhas de média ou baixa tensão), sendo raramente posta em prática (Pérez-García 2014). Entre 2003 e 2014 a EDP Distribuição procedeu à correção de mais de 521,5 Km de linhas elétricas em Portugal, resultante da intervenção em diferentes projetos (Protocolo Avifauna, Life + Estepárias, PEAR e experiências piloto). Uma das medidas mais utilizadas, por implicar custos mais reduzidos, é o isolamento dos condutores junto ao apoio através da aplicação de coberturas de proteção de condutores. Na área de estudo deste capítulo, três das principais coberturas de proteção de condutores existentes são: a) “Enfitamento”; b) “Manga”; c) “Pinças Pretas” (Figura 2 – Anexo IV). Com o objetivo de avaliar a eficácia destas três metodologias, foi comparada a mortalidade obtida entre apoios com estas coberturas de proteção de condutores e apoios não corrigidos. Foram também comparados os diferentes métodos de cobertura.

##### 4.2 Métodos

###### 4.2.1 Área de Estudo

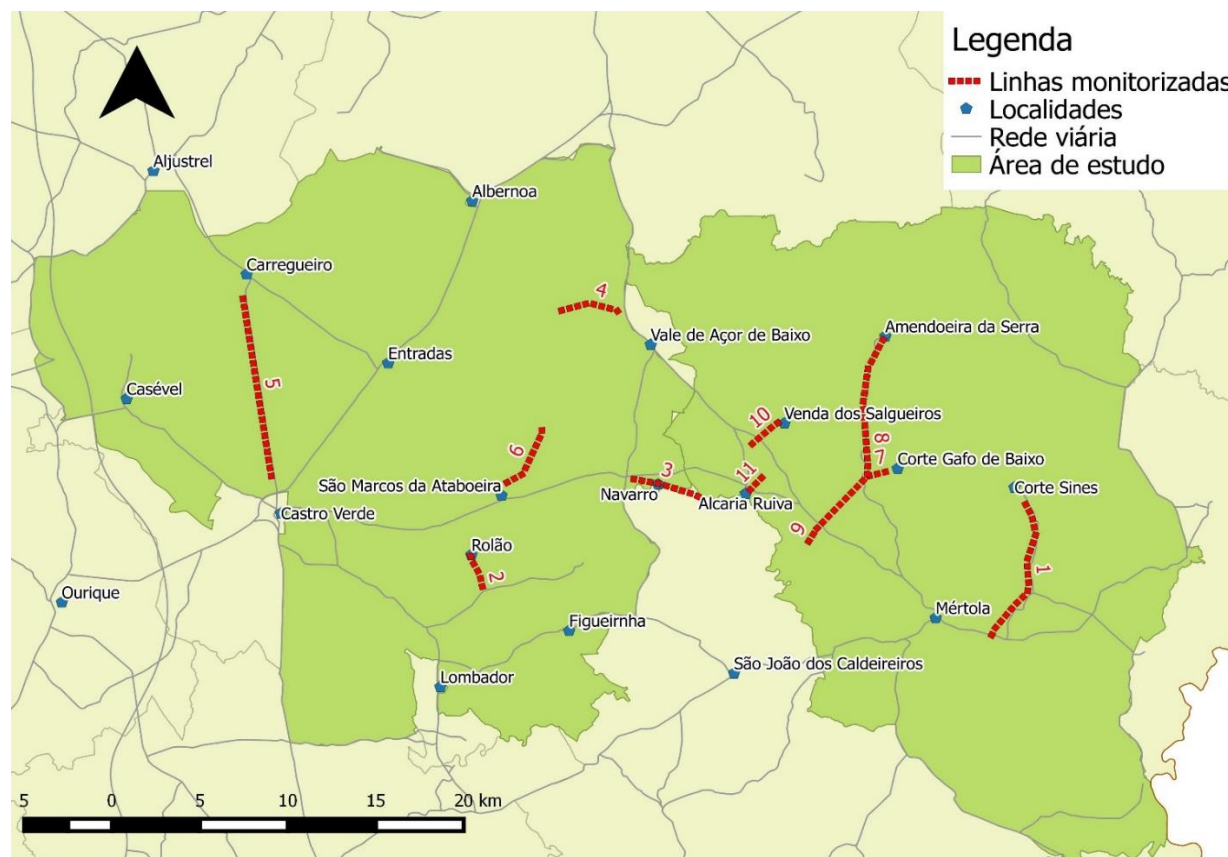
Este trabalho foi realizado nas ZPE de Castro Verde e ZPE do Vale do Guadiana, incluídas na área de intervenção do Projeto LIFE Imperial (ver capítulo 1 - “Eletrocussão de aves em apoios da rede elétrica: Que fatores influenciam a eletrocussão?”).

#### 4.2.2 Recolha de dados

A monitorização consistiu em percorrer, a pé, troços pré-definidos de linhas elétricas, procurando localizar e contabilizar cadáveres de aves num raio de aproximadamente 10 metros em redor de cada apoio. Foi realizado com uma periodicidade mensal, no âmbito do Projeto LIFE Imperial. Os cadáveres e indícios (ossos e penas) encontrados foram recolhidos e registados fotograficamente para que, sempre que possível, fosse feita a sua identificação ao nível da espécie. Qualquer indício de mortalidade encontrado nestas condições foi considerado um episódio de eletrocussão, salvo se apresentasse sintomas claros de outras causas (e.g. colisão, “chumbos”). As várias informações de interesse de cada apoio foram recolhidas numa ficha de campo, nomeadamente a sua identificação, tipologia, tipo e estado da correção anti-eletrocussão, habitat e uso do solo onde se encontra.

Para a seleção dos troços de linhas elétricas a monitorizar pesaram vários fatores:

- 1) a tipologia do troço ser predominantemente TAL (considerada uma das tipologias de maior perigosidade em termos de eletrocussão, com a agravante de ser das mais abundantes);
- 2) os troços localizarem-se dentro da área de intervenção do LIFE Imperial, para o Baixo Alentejo, ou seja, nas ZPE de Castro Verde e Vale do Guadiana;
- 3) seleção de uma amostragem representativa de cada um dos diferentes métodos de cobertura de proteção de condutores (CPC) (“Enfitamento”, “Manga”, “Pinças Pretas”) e da situação controlo – sem correção. (Figura 2 – Anexo IV). Para isso selecionaram-se troços de linhas de forma a perfazer um mínimo de 10km para cada. (Figura 9 e Tabela 10).



**Figura 9** – Mapa das linhas elétricas de média tensão da rede elétrica da EDP – Distribuição amostradas (Fonte EDP distribuição).

**Tabela 10** – Linhas elétricas amostradas com o respetivo método de cobertura de proteção de condutores numeradas de acordo com a Figura 9.

Número	Nome da linha	Correção
1	BJ30-19-35-2 Corte Sines	Sem Correção
2	BJ15-23-12 Rolão	Pinças Pretas
3	BJ15-23-22-8 Monte Navarro	Pinças Pretas
4	BJ15-23-21 Corte Cobre	Sem Correção
5	BJ15-21 SE Aljustrel - SE Porteirinhos	Enfitamento
6	BJ15-23-12-1-1 Salto	Pinças Pretas
7	BJ15-23-21-2-1 Corte Gafo de Baixo	Pinças Pretas
8	BJ15-23-21-2 Amendoeira da Serra	Manga
9	BJ15-23-21-4 Corte da Velha	Sem Correção
10	BJ15-23-21-14 Venda dos Salgueiros	Sem Correção
11	BJ15-23-21-1 Alcaria Ruiva	Sem Correção

Entre Outubro e Novembro de 2014 foi efetuada uma visita prévia para confirmação da tipologia e tipo de métodos de cobertura de proteção de condutores existente nos troços de linha selecionados. Posteriormente, em Dezembro de 2014 foi feita uma visita de “limpeza”, prévia à monitorização mensal, onde foram recolhidos e removidos todos os cadáveres e restos mortais existentes. Estes dados não foram considerados neste capítulo. A monitorização mensal com a recolha de dados a serem usados nesta análise iniciou-se em Janeiro, tendo decorrido até Junho, de 2015, perfazendo um total de 6 saídas.

#### 4.2.3 Análise estatística

Numa primeira fase testou-se se existiam diferenças significativas ao nível da mortalidade obtida entre troços com correções anti-eletrocussão e troços sem correção. Para isso, e após a verificação da não normalidade dos dados, utilizou-se o teste não paramétrico *Mann-Whitney U*, onde a variável dependente foi a mortalidade obtida e a independente a correção anti-eletrocussão (correção vs não correção). Seguidamente comparou-se a mortalidade obtida entre os 3 tipos de métodos de cobertura de proteção de condutores de forma a perceber se, e de que forma varia a sua eficácia. Fez-se um teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* para se averiguar se existem diferenças significativas ao nível da mortalidade obtida entre as diferentes correções. Para se evidenciar quais as correções que diferem significativamente entre si fez-se o teste *a posteriori* de *Dunn* de somatórios de *rank* sem ajustamento dos *p-values*. A mortalidade detetada é expressa em taxa de mortalidade (nº aves mortas/apoio/mês)

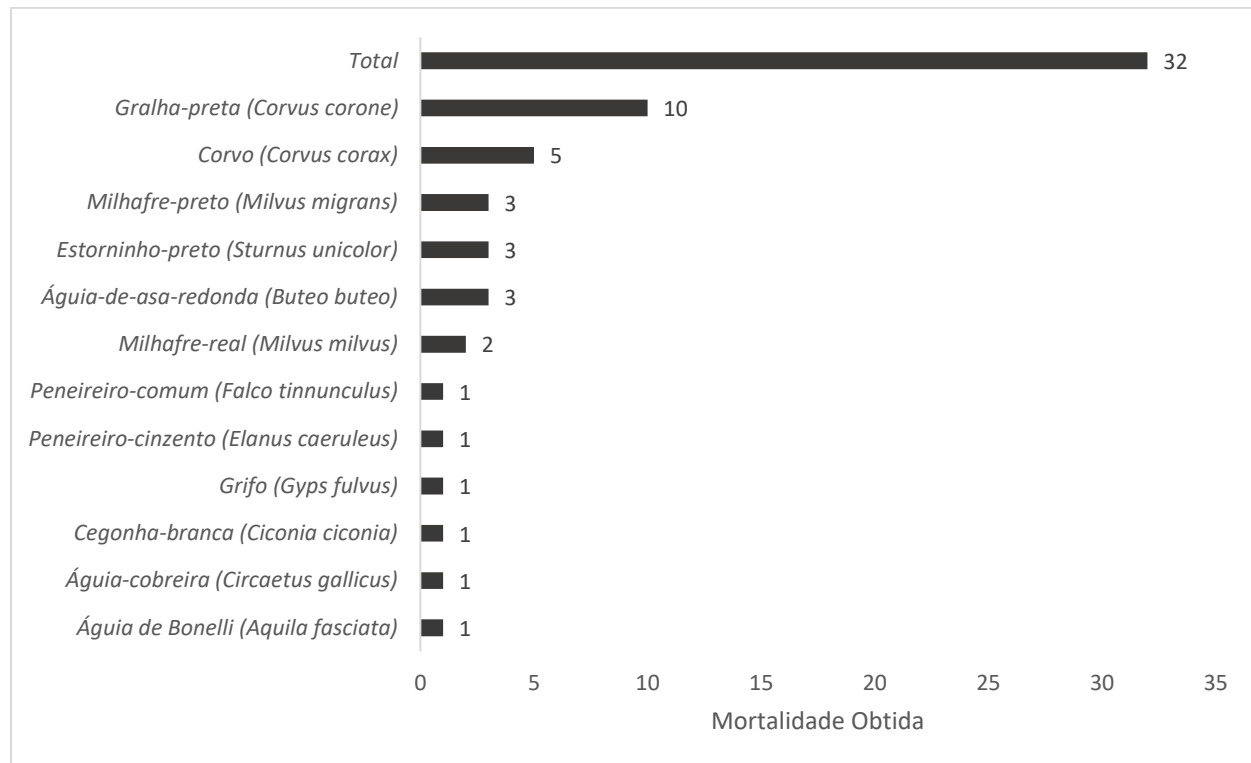
Todos os testes estatísticos foram realizados com recurso ao *software* R v 3.1.2 (R Core Team, 2014), recorrendo aos pacotes “XLConnect” e “dunn.test”, e Microsoft Office Excel 2013.

### 4.3 Resultados

Foram prospetados mensalmente 310 apoios (257 pertencentes à tipologia TAL) pertencentes a 12 linhas elétricas distintas, percorridas quer na sua totalidade ou apenas troços, perfazendo um total de 49718 metros. Obteve-se um total de 32 casos de mortalidade nas 6 visitas efetuadas, o que contabilizou uma taxa de mortalidade de 0.017 indivíduos mortos/apoio/mês (Tabela 12). Os apoios TAL foram responsáveis por 81% da mortalidade obtida (Tabela 11). As aves mais afetadas pela eletrocussão foram os corvídeos (46%) (Gralhas-pretas (*Corvus corone*) (31%) e Corvo-comum (*Corvus corax*) (15%)) seguindo-se a Águia-de-asa-redonda (*Buteo buteo*), o Estorninho-preto (*Sturnus unicolor*) e o Milhafre-preto (*Milvus migrans*), correspondendo cada uma destas espécies a 9% da mortalidade obtida (Figura 10).

**Tabela 11** – Tipologias de apoio em que se obteve mortalidade e a sua taxa de mortalidade (nº de indivíduos eletrocutados em cada tipologia/nº total de apoios da tipologia visitados/mês)

Tipologia	N	Nº Indivíduos	Taxa de mortalidade
TAL	236	25	0.02
HRFSC	15	5	0.06
PT	2	1	0.08
GAN + HDR	3	1	0.06

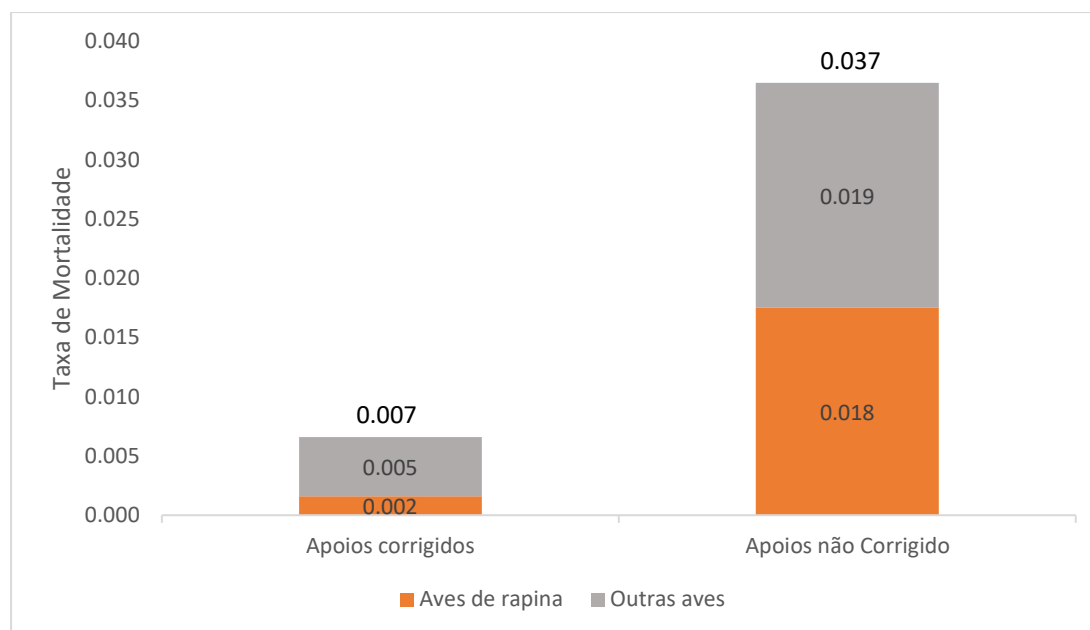


**Figura 10** – número total da mortalidade obtida por espécie.

#### 4.3.1 Comparação da mortalidade obtida em linhas não corrigidas vs. linhas corrigidas

Contabilizou-se um total de 23 casos de mortalidade nos 105 apoios não corrigidos amostrados e 9 casos de mortalidade nos 205 apoios corrigidos. Assim a taxa de mortalidade obtida para cada um dos casos é de 0,037 indivíduos/apoio/mês para os apoios não corrigidos e 0.007 indivíduos/apoio/mês para os apoios corrigidos. Relativamente às aves de rapina, contabilizaram-se 2 casos de mortalidade em apoios corrigidos (ambas em apoios com “enfiteamento”), perfazendo uma taxa de mortalidade de 0.002 indivíduos/apoio/mês e 11 casos em apoios não corrigidos correspondendo a 0.018 indivíduos/apoio/mês (Figura 11).





**Figura 11** – taxa de mortalidade (nº indivíduos/apoio/mês) total obtida em apoios corrigidos e não corrigidos.

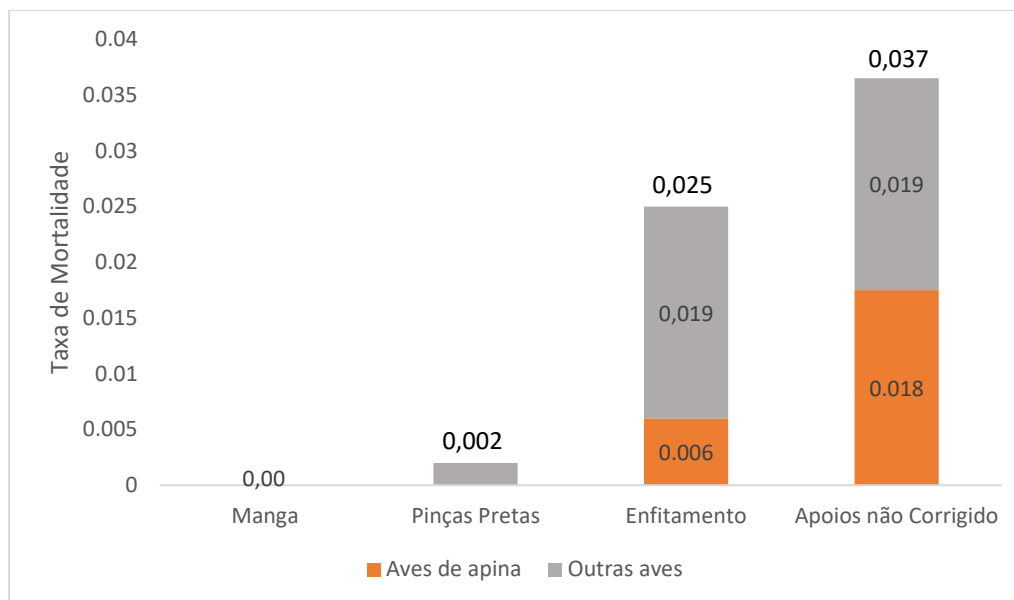
Esta diferença na taxa de mortalidade entre estes dois tipo de apoios foi significativa ( $W_{N \text{ corrigidos} = 205, N \text{ não corrigidos} = 105} = 9743.5$ , p-value = 0.001).

#### 4.3.2 Comparação da mortalidade obtida entre os diferentes métodos de cobertura de condutores

Dos 9 casos de mortalidade detetados nos apoios com correção anti-eletrocussão, 8 foram encontrados em apoios corrigidos com “Enfitamento”, perfazendo uma taxa de mortalidade de 0.025 indivíduos/apoio/mês, 1 caso num apoio corrigido com “Pinças Pretas”, correspondendo a 0.002 indivíduos/apoio/mês, e nenhum caso (0) de mortalidade para os apoios corrigidos com “Manga” (Tabela 12, Figura 12).

**Tabela 12** – Taxa de mortalidade (indivíduos/apoio/mês) obtida para os apoios com diferentes tipos de métodos de cobertura de proteção de condutores e apoios sem correção.

Tipo de Proteção	Nº Apoios	Mortalidade	Taxa de mortalidade	Rapinas/apoio/mês
Total Corrigidas	205	9	0.007	0.002
Enfitamento	54	8	0.025	0.006
Mangas	71	0	0.000	0
Pinças Pretas	80	1	0.002	0
Apoios Não Corrigidos	105	23	0.037	0.018
Total	310	32	0.017	0.008



**Figura 12** – Taxa de mortalidade (nº indivíduos/apoio/mês) total obtida em apoios com diferentes correções e apoios não corrigidos.

As diferenças na mortalidade obtida entre apoios com os diferentes métodos de cobertura de proteção de condutores foram significativas ( $\chi^2 = 10.582$ ,  $df = 2$ ,  $p\text{-value} = 0.005$ ). O teste de *Dunn a posteriori* revelou que existiram diferenças significativas ao nível da mortalidade entre o “Enfitamento” e os outros dois métodos de cobertura de proteção de condutores, e que não existiram diferenças significativas entre “Manga” e “Pinças Pretas” (Tabela 13).

**Tabela 13** – Resultados do teste de *Dunn a posteriori* relativos às diferenças de mortalidade obtidas entre os diferentes métodos de cobertura de proteção de condutores.

	N	z-value	p-value
Manga vs. Pinças Pretas	71 vs. 80	0.447	0.3274
Manga vs. Enfitamento	71 vs. 54	-3.043	<b>0.0012</b>
Pinças Pretas vs Enfitamento	80 vs. 54	-2.706	<b>0.0034</b>

#### 4.4 Discussão

Identificou-se grande diversidade de espécies afetadas pela eletrocussão, quer do ponto de vista taxonómico e ecológico, quer ao nível da dimensão morfológica, comprovando mais uma vez como esta problemática é transversal à avifauna.

Tal como esperado, houve uma diferença significativa na mortalidade obtida entre apoios sem cobertura de proteção de condutores e apoios com cobertura de proteção de condutores. Os apoios sem cobertura de proteção de condutores apresentaram maiores taxas de mortalidade, evidenciando que a aplicação destas medidas reduz significativamente a mortalidade, comparativamente a apoios não intervencionados. No entanto, diferentes métodos de cobertura de proteção de condutores apresentam diferente eficácia. A qualidade do material utilizado, o tipo de fixação ao condutor e a sua correta aplicação serão determinantes

no seu tempo de vida e eficácia (Sevillana-Iberdrola-REE, 1995). Fatores como a luz solar (radiação UV), temperaturas muito altas ou muito baixas, ventos fortes e salinidade podem afetar negativamente a duração do material (Sevillana-Iberdrola-REE, 1995), fazendo com que apresentem valores da mesma ordem de grandeza da mortalidade detetada em apoios não corrigidos.

Entre os diferentes métodos de cobertura de proteção de condutores monitorizados houve diferenças ao nível da mortalidade obtida. O modelo “Enfitamento”, com 8 casos de eletrocussão detetados na linha BJ15-21 SE Aljustrel - SE Porteirinhos, apresentou uma taxa de mortalidade significativamente mais elevada que as outras metodologias, o que poderá indicar que é um equipamento de menor eficácia. Neste tipo de metodologias, onde os condutores são isolados com recurso a uma fita isoladora adesiva, as aves têm mais facilidade em danificar o material com o seu bico, diminuindo a sua eficácia (Garrido *et al.* 2009).

Entre as metodologias “Manga” e “Pinças Pretas” não se detetaram diferenças significativas ao nível da mortalidade obtida. Nos apoios com “Pinças Pretas” foi detetado um único caso de eletrocussão. No entanto, esta foi a metodologia onde se detetaram anomalias (visíveis pelo observador ao nível do solo), nomeadamente alteração na sua posição ou queda, o que compromete a capacidade de isolamento (Figura 3 – Anexo IV). Nos cerca de 80 apoios com esta metodologia, 22,5% apresentavam anomalias. Esta taxa de anomalias variou bastante entre as 4 linhas com esta metodologia, sendo que duas delas (BJ15-23-12 Rolão e BJ15-23-12-1-1 Salto) apresentaram valores na ordem dos 40% e nas outras duas (BJ15-23-21-2-1 Corte Gafo de Baixo e BJ15-23-22-8 Monte Navarro) não se verificaram anomalias. Estes elevados valores de anomalias significam que linhas que se consideram como corrigidas poderão não estar a ter a eficácia esperada. Apesar deste elevado número de anomalias, o único caso de mortalidade ocorreu na linha BJ15-23-21-2-1 Corte Gafo de Baixo, num apoio em que os equipamentos de isolamento aparentavam estar bem colocados, não sendo óbvia a explicação para este caso. A ave eletrocutada tratava-se de um indivíduo de Cegonha-branca (*Ciconia ciconia*), pelo que a sua grande envergadura poderá ter contribuído para o acidente.

Nos apoios isolados com a metodologia “Manga” não foi detetado qualquer caso de mortalidade. Esta metodologia encontra-se na linha BJ15-23-21-2 Amendoeira da Serra, linha muito problemática, onde foram detetados 29 casos de mortalidade durante a visita de “limpeza”. Entre eles, destaca-se a mortalidade de espécies com estatuto de conservação muito desfavorável, como dois indivíduos de Águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*), dois indivíduos de Águia de Bonelli (*Aquila fasciata*), um indivíduo de Águia-real (*Aquila chrysaetos*), um indivíduo de Milhafre-real (*Milvus milvus*) e um indivíduo de Bufo-real (*Bubo bubo*). Estes episódios de mortalidade antecedem a intervenção na linha, sendo que os apoios se encontravam sem correções anti-eletrocussão. A dramática alteração na mortalidade nesta linha parece indicar uma grande eficácia na sua diminuição para esta metodologia. No entanto, devido à recente colocação dos equipamentos não é possível ainda tirar conclusões sobre o seu tempo de vida e eficácia a longo prazo.

A eficácia destas medidas de minimização de eletrocussão encontra-se condicionada pela durabilidade dos materiais e manutenção das condições em que foram instalados. É assim essencial fazer uma monitorização sistemática de forma a detetar problemas e potenciais alterações necessárias para garantir que linhas corrigidas continuem a garantir a eficácia desejada.

## 5. Considerações gerais

Este trabalho confirma que as linhas elétricas são um problema de conservação da natureza consubstanciando um corpo crescente de trabalhos que apontam um efeito acentuado nas comunidades de aves (Bevanger 1994; Infante *et al.* 2005; APLIC 2006; Tintó & Mañosa 2010; Lehman *et al.* 2007; Ferrer 2012; Pérez-García 2014). Os resultados do estudo contribuem para o conhecimento da relação entre aves e o risco de eletrocussão e documentam as diferenças de eficácia de métodos de correção de apoios em utilização em Portugal.

Neste estudo encontraram-se 87 casos de mortalidade nos apoios das linhas monitorizadas na ZPE de Castro Verde e ZPE do Vale do Guadiana durante o trabalho de campo de Dezembro de 2014 a Junho de 2015. Foram identificados indivíduos pertencentes a 18 espécies diferentes, de variadas dimensões morfológicas, do Estorninho-preto (*Sturnus unicolor*) ao Grifo (*Gyps fulvus*), o que comprova como esta problemática é transversal à avifauna. Destas destacam-se pelos números a Gralha-preta (*Corvus corone*), com 17 casos, a Águia-de-asa-redonda (*Buteo buteo*) com 14, e o Corvo (*Corvus corax*) e a Cegonha-branca (*Ciconia ciconia*) com 6 casos cada. Preocupante é também a mortalidade de espécies com estatuto de conservação muito desfavorável, com dois casos de Águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*), um caso de Águia-real (*Aquila chrysaetos*), quatro casos de Águia de Bonelli (*Aquila fasciata*) e quatro casos de Milhafre-real (*Milvus milvus*). Este elevado número de casos de eletrocussão vem confirmar o impacto que esta problemática tem na avifauna, sobretudo nas rapinas, o grupo mais afetado, sendo particularmente preocupante em espécies ameaçadas que são suscetíveis à eletrocussão.

Para as ZPE de Castro Verde e do Vale do Guadiana os fatores que mais estão a influenciar a eletrocussão são a maior cobertura de matos em torno do apoio e a maior distância a estradas alcatroadas. Os matos estão associados à presença de coelho e perdiz-vermelha, presas preferenciais de muitas espécies de rapina (Tintó & Mañosa 2010; Guil *et al.* 2011). Assim, estas zonas poderão ser as mais procuradas, sobretudo por estas aves, que poisarão mais frequentemente nos apoios aumentando a probabilidade de eletrocussão. Também a distância a fatores de perturbação antrópica influencia a probabilidade de eletrocussão, com mais incidentes a ocorrerem longe de focos de perturbação, como estradas, habitações e localidades. Estes resultados estão bastante dependentes das características da área em estudo, incluindo o uso do solo e a comunidade de aves presente, sendo que diferentes comunidades de avifauna em diferentes áreas darão resultados diferentes.

Diferentes espécies e mesmo classes de idade apresentam diferentes requisitos ambientais, o que se traduz numa distribuição de mortalidade desigual entre espécies em diferentes tipos de habitats (Janss & Ferrer 2001). Para a Águia-imperial-ibérica, apoios em áreas agrícolas abertas (com pouco coberto arbóreo) com espaços naturais e seminaturais - sobretudo presença de matos, demonstraram influenciar positivamente a eletrocussão. Estas são áreas muitas vezes associadas à presença de coelho e perdiz-vermelha, sendo o coelho determinante para a espécie (Ferrer & Negro 2004). Já para a Águia-de-asa-redonda o efeito destes habitats é precisamente o oposto, possivelmente por não apresentar qualquer dependência por estas presas, já que é um predador mais generalista, frequentando diferentes tipos de habitats (del Hoyo *et al.* 1994). Para a Águia de Bonelli, apesar de não se ter detetado resultados significativos, a maioria da sua mortalidade também foi obtida neste tipo de habitat, já que o coelho e a perdiz-vermelha encontram-se também entre as principais presas da espécie (Carrascal & Seoane 2009).

Assim, para as ZPE de Castro Verde e do Vale do Guadiana, os resultados sugerem que os apoios que mais importa intervir no sentido da sua proteção com correções anti-eletrocussão são aqueles que se situam em zonas com maiores coberturas de matos e longe de focos de perturbação antrópica, como estradas. Dos métodos de cobertura de proteção de condutores estudados, aquele que apresentou os melhores resultados

foi a “Manga”. Nesta metodologia não foi registado qualquer caso de mortalidade, o que, acrescendo ao facto de ter sido implementada numa linha bastante problemática, onde se registaram 29 casos de mortalidade pré-correção, faz da sua utilização preferencial relativamente às outras metodologias estudadas. O modelo “Enfitamento” apresentou uma taxa de mortalidade significativamente mais elevada que as outras metodologias. Este tipo de metodologia consiste na aplicação de uma fita isoladora adesiva nos condutores, material que as aves têm mais facilidade em danificar com o seu bico, diminuindo a sua eficácia (Garrido *et al.* 2009). O modelo “Pinças Pretas”, apesar de ter demonstrado uma taxa de mortalidade bastante baixa (apenas um caso de mortalidade detetado), demonstrou ter uma grande taxa de anomalias, como a queda ou alteração na posição do material. Assim, apoios que se consideram corrigidos poderão não estar a ter a eficácia desejada. Isto demonstra a necessidade de se realizar uma monitorização sistemática de forma a detetar problemas e potenciais alterações necessárias para assegurar que linhas corrigidas garantam os resultados desejados.

No caso de intervenções específicas para espécies ameaçadas, como a Águia-imperial-ibérica e a Águia de Bonelli, é necessário ter em atenção a ecologia e comportamento da espécie para se otimizar os resultados. No caso destas espécies, os indivíduos adultos apresentam um forte comportamento territorial, permanecendo nos seus territórios durante todo o ano. Assim, os apoios considerados perigosos que se incluam dentro dos seus limites devem ser corrigidos (Infante *et al.* 2013). No entanto, uma vez que os indivíduos juvenis e imaturos procuram áreas de grande disponibilidade de presas – as áreas de assentamento – estas também devem ser tidas em conta e os apoios perigosos aqui existentes corrigidos. De facto, intervenções realizadas em 1987 nas linhas elétricas em Doñana mostraram que a sobrevivência de juvenis durante os primeiros seis meses de vida aumentou de 17,6%, em 1986 e 1987, para 80% em 1988 e 1989 (Ferrer & Hiraldo 1991). O aumento da sobrevivência de juvenis e imaturos é essencial para o crescimento populacional e sobrevivência destas espécies (López-López *et al.* 2011). Os projetos e esforços de conservação realizados em prol de espécies icónicas, como a Águia-imperial-ibérica e a Águia de Bonelli, beneficiam toda a comunidade de avifauna que partilha as mesmas ameaças, atuando como “espécies guarda-chuva”.

## 6. Referências Bibliográficas

- Angelov, I., Hashim, I. & Oppel, S. 2011. Persistent electrocution mortality of Egyptian Vultures *Neophron percnopterus* over 28 years in East Africa. *Bird Conservation International* 23: 1-6.
- APLIC. Avian Power Line Interaction Committee (2006). Suggested Practices for Avian Protection on Power Lines: The State of the Art in (2006). Washington DC and Sacramento, CA: Edison Electric Institute, APLIC and the California Energy Commission.
- Arriaza, M., Cañas-Ortega, J.F., Cañas-Madueño J. A. & Ruiz-Aviles, P. 2004. Assessing the visual quality of rural landscape. *Landscape and Urban Planning* 69: 115-125.
- Arroyo, B., Ferreiro, E. & Garza, V. 1990. Inventario de la población Española de Águila perdicera (*Hieraaetus fasciatus*) y sus áreas de cría. ICONA, Madrid.
- Baquadano, R. & S. J. Peris. 2003. Accidentalidad invernal del Busardo Ratonero (*B. buteo*) en tendidos eléctricos en la Península Ibérica. *Munibe (Ciencias Naturales – Natur Zientziak)* 54: 113 – 120.
- Bartoń, K. 2009. MuMIn: multi-model inference. R package, version 0.12.2. Available at: <http://r-forge.r-project.org/projects/mumin/>
- Bates, D. M., Mächler, M., Bolker, B. M. & Walker, S. C. 2014. lme4: Linear Mixed-Effects Models Using Eigen and S4. R Package Version 1.1-7. Available online at: <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>
- Bautista, J., Gil-Sánchez, J. M, Martín, J., Otero, M. & Moleón, M. 2004. La dispersión del águila real y el águila perdicera en Granada. *Quercus* 223: 10-15.
- Bayle, P. 1999. Preventing birds of prey problems at transmission lines in Western Europe. *Journal of Raptor Research* 33: 43-48.
- Benson, P.C. 1981. Large raptor electrocution and power pole utilization: a study in six western states. Ph.D. dissertation. Brigham Young University, Provo, UT.
- Benson, P.C.1980. Abstract: Large raptor electrocution and power pole utilization: a study in six western states. *Journal of Raptor Research* 14:125-126.
- Benton & L.E. Dickenson. 1966. Wires, poles, and birds. In R.P. Howard and J.F. Gore, eds. *Birds in Our Lives*. U.S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Washington, D.C.
- Bevanger, K. 1988. Transmission line wirestrikes of capercaillie and black Grouse in central Norwegian coniferous forest. *Okoforsk Project* 9: 1-53.
- Bevanger, K. 1994. Bird interactions with utility structures: collision and electrocution, causes and mitigation measures. *Ibis* 136: 412–425.
- Bevanger, K. 1998. Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. *Biological Conservation* 86: 67–76.
- BirdLife International. 2004. *Birds in the European Union: a status assessment*. Wageningen, The Netherlands.
- BirdLife International. 2013. *Aquila adalberti*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T22696042A48128913. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T22696042A48128913.en>.
- BirdLife International. 2016. *Aquila fasciata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22696076A89510184. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22696076A89510184.en>.
- BirdLife International. 2015. *Buteo buteo*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T61695117A80229302. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T61695117A80229302.en>.

- Bisson, I., Ferrer, M. & Bird, D. M. 2002. Factors influencing nest-site selection by Spanish imperial eagles. *Journal of Field Ornithology* 73: 298-302.
- Bosch, R., Real, J., Tintó, A., Zozaya, E. & Castell, C. 2010. Home-ranges and patterns of spatial use in territorial Bonelli's eagles. *Ibis* 152: 105-117.
- Boyce, M.S., Vernier, P.R., Nielsen, S.E. & Schmiegelow, F.K.A. 2002. Evaluating resource selection functions. *Ecological Modelling* 157: 281-300.
- Burnham, K.P. & Anderson, D.R. 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach, 2nd edition. Springer, New York.
- Cabral, M.J., Almeida, J., Almeida, P.R., Dellinger, T., Ferrand de Almeida, N., Oliveira, M.E., Palmeirim, J.M., Queiroz, A.I., Rogado, L., & Santos-Reis, M. 2005. Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal. Instituto da Conservação da Natureza. Lisboa.
- Carrascal, L. M. & Seoane, J. 2009. Factors affecting large-scale distribution of the Bonelli's eagle *Aquila fasciata* in Spain. *Ecological Research* 24: 565-573.
- Castro, P., Mouro, C., Jacinto, S. 2012. Projecto LIFE Estepárias “Conservação da Abetarda, Sisão e Peneireiro da Torres nas Estepes Cerealíferas do Baixo Alentejo”. Relatório Técnico da Acção D1. Centro de Investigação e Intervenção Social / CIS-IUL.
- Cerezo, E., E. Aledo, & A. Manso. 2010. Patrimonio Natural y Líneas Eléctricas en la Región de Murcia. Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Consejería de Agricultura y Agua, Región de Murcia, Murcia, [online] [http://www.murcianatural.carm.es/europa/life00214/pdf/documentacion/Manual\\_tendidos.pdf](http://www.murcianatural.carm.es/europa/life00214/pdf/documentacion/Manual_tendidos.pdf) conservación. Colección técnica. Publicaciones del Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, Madrid.
- CIMCON Software 2016. CIMCON Software (India) Pvt. Ltd. (Disponível em <http://www.Cimconautomation.com/power/power.htm>)
- Coon, N.C., Locke, L.N., Cromartie, E. & Reichel, W.L. 1970. Causes of bald eagle mortality, 1960-1965. *Journal of Wildlife Disease* 6:72-76.
- Corine 2006. Agência Europeia do Ambiente. (Disponível em <http://www.eea.europa.eu/>)
- Cramp, S. 1998. The Complete Birds of the Western Palearctic on CD-ROM. Oxford University Press.
- del Hoyo, J., Collar, N.J., Christie, D.A., Elliott, A. & Fishpool, L.D.C. 2014. HBW and BirdLife International Illustrated Checklist of the Birds of the World. Lynx Edicions BirdLife International.
- Dickinson, L.E. 1957. Utilities and birds. *Audubon* 59:54-55.
- Dwyer, J., Harness, R. & Donohue, K. 2013. Predictive Model of Avian Electrocution Risk on Overhead Power Lines. *Conservation Biology* 28:159-168.
- EDP 2016. EDP Distribuição (Disponível em <https://www.edp.pt/pt/aedp/unidadesdenegocio/distribuicaodeelectricidade/Pages/Distribui%C3%A7%C3%A3oPT.aspx>).
- Edwards, C.C. 1969. Winter behavior and population dynamics of American eagles in Utah. Ph.D. Dissertation, Brigham Young University, Provo, UT.
- Faanes, C.A. 1987. Bird behavior and mortality in relation to power lines in prairie habitats. Fish and Wildlife Service Washington Dc.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics* 34: 487-515.
- Faure, R. 1988. Électricité de France et le genocide des oiseaux. *L'Oiseau* 10: 16-23.

- Ferrer, M. & F. Hiraldo. 1991. Evaluation of management techniques for the Spanish Imperial eagle. *Wildlife Society Bulletin* 19:436-442.
- Ferrer, M. & Negro, J.J. 2004. The near extinction of two large European predators: super specialists pay a price. *Conservation Biology* 18: 344-349.
- Ferrer, M. 1993. Reduction in hunting success and settlement strategies in young Spanish imperial eagles. *Animal Behaviour* 45: 406-408.
- Ferrer, M. 2012. Aves y Tendidos Eléctricos. Del Conflicto a la Solución. Fundación MIGRES-Endesa.
- Ferrer, M., & Janss, G.F.E. 1999. Aves y Líneas Eléctricas. Madrid, Spain. Editorial Quercus.
- Ferrer, M., & Negro, J.J. 1992. Tendidos eléctricos y conservación de aves en España. *Ardeola* 39: 23-27
- Ferrer, M., de la Riva, M., & Castroviejo, J. 1991. Electrocution of raptors on power lines in Southern Spain. *Journal of Field Ornithology* 62: 54-69.
- Ferrer, M., & de le Court, C. 1992. Sex identification in the Spanish imperial eagle. *Journal of Field Ornithology* 63: 359-364.
- Ferrer, M., & Hiraldo, F. 1992. Man-induced sex-biased mortality in the Spanish imperial eagle. *Biological Conservation* 60: 57-60.
- Fiedler, G. & Wissner, A. 1980. Overhead electric lines as a mortal danger to storks. *Ecology of Birds* 2: 59-109.
- Fielding, A.H. & Bell, J.F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24: 38-49.
- Forrester, J.A., Leopold, D. J. & Hafner, S.D. 2005. Maintaining critical habitat in a heavily managed landscape: effects of power line corridor management on Karner Blue Butterfly (*Lycaeides melissa samuelis*) habitat. *Restoration Ecology* 13: 488-498.
- Fráguas, B. 1999. A população de Águia de Bonelli *Hieraetus fasciatus* no nordeste de Portugal. Situação actual, biologia da reprodução, ecologia, conservação da população Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- García, V., Moreno-Opo, R. & Tinto, A. 2013. Sex differentiation of Bonelli's eagle *Aquila fasciata* in western europe using morphometrics and plumage colour patterns. *Ardeola*, 60: 261-277.
- Garrido J.R., Fajardo, I. & Martin, J. 2009. Identificación de tendidos eléctricos peligrosos. Manual para la protección legal de la biodiversidad para los agentes de la autoridad ambiental en Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.
- González L.M., Margalida, A., Mañosa, S., Sánchez, R., Oria, J., Molina, J. I., Caldera, J., Aranda, A. & Prada, L. 2007. Causes and spatio-temporal variations of non-natural mortality in the vulnerable Spanish Imperial Eagle (*Aquila adalberti*) during a recovery period. *Oryx* 41: 495-502.
- González, L. M. 1991. Historia natural del águila imperial ibérica (*Aquila adalberti* Brehm, 1861). Taxonomía, población, análisis de la distribución geográfica, alimentación, reproducción y conservación. Colección técnica. Publicaciones del Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, Madrid.
- González, L. M., Oria, J., Margalida, A., Sánchez, R., Prada, L., Caldera, J., Aranda, A. & Molina, J. I. 2008. Dispersión natal efectiva y edad de maduración en el águila imperial ibérica: implicaciones para la conservación. En: González, L. M., Margalida, A. (Eds.). *Biología de la conservación del Águila Imperial Ibérica (Aquila adalberti)*. Conservation biology of the Spanish Imperial Eagle (*Aquila adalberti*). Naturaleza y parques nacionales. Serie especies amenazadas. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Marino y Rural. Madrid.



- Guil, F., Fernández-Olalla M., Moreno-Opo, R., Mosqueda, I., Gómez, M.E., Aranda, A., Arredondo, A., Guzmán, J., Oria, J., González, L.M. & Margalida, A. 2011. Minimising Mortality in Endangered Raptors Due to Power Lines: The Importance of Spatial Aggregation to Optimize the Application of Mitigation Measures. *PLoS ONE*, 6: e28212.
- Haas, D., Nipkow M., Fiedler G., Schneider R., Haas W. & Schurenberg, B. 2005. Protecting birds from powerlines. Strasbourg: Council of Europe Publishing.
- Haas, D. 1980. Endangerment of four large birds by electrocution- a documentation. *Ecology of Birds* 2: 7-57.
- Hallinan, T. 1922. Bird interference on high tension electric transmission lines. *Auk* 39-573.
- Harness, R. E. & Wilson, K. R. 2001. Utility structures associated with raptor electrocutions in rural areas. *Wildlife Society Bulletin*. 29: 612–623
- Heijnis, R. 1980. Bird mortality from collision with conductors for maximum tension. *Ecology of Birds* 2: 111-129.
- Hernández-Matías, A., Real, J., Moleón, M., Palma, L., Sánchez-Zapata, J.A., Pradel, R. & García, J. 2013. From local monitoring to a broad-scale viability assessment: a case study for the Bonelli's Eagle in western Europe. *Ecological Monographs* 83: 239-261.
- ICN 2006<sup>a</sup>. Ficha de espécie da *Aquila fasciata*. Plano Sectorial da Rede Natura 2000. Instituto da Conservação da Natureza. Lisboa (Disponível em <http://www.icn.pt/psrn2000/>).
- ICN 2006<sup>b</sup>. Ficha de espécie da *Aquila adalberti*. Plano Sectorial da Rede Natura 2000. Instituto da Conservação da Natureza. Lisboa (Disponível em <http://www.icn.pt/psrn2000/>).
- ICNB 2010. Manual de apoio à análise de projectos relativos à instalação de linhas aéreas de distribuição e transporte de energia eléctrica. Instituto da Conservação da Natureza e Biodiversidade. Relatório não publicado.
- Inácio, A.R., Pais, M.C., Fráguas, B., Beja, P. & Palma, L. 1999. Factores que influenciam a distribuição da Águia de Bonelli *Hieraaetus fasciatus* em Portugal. *Actas II Congresso de Ornitologia da SPEA*: 130-132.
- INE, I.P. 2010. Estatísticas demográficas 2009. Lisboa, Portugal.
- Infante, S., Neves, J., Ministro, J. & Brandão, R. 2005. Estudo sobre o Impacto das Linhas Eléctricas de Média e Alta Tensão na Avifauna em Portugal. Quercus Associação Nacional de Conservação da Natureza e SPEA Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Castelo Branco. Relatório não publicado.
- Infante, S., Alves, S., Barajas, I., Alcazar, R. & Lousa, H. 2013. Protocolo Avifauna V. Quercus Associação Nacional de Conservação da Natureza, SPEA Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves e LPN Liga para a Protecção da Natureza. Relatório não publicado
- Izquierdo, A., Martín, C. & Rico, L. 1997. Factores técnicos y ambientales implicados en la electrocución de aves en los tendidos eléctricos. *Informes de la Construcción*. 49: 49-55
- Janss, G.F.E. & Ferrer, M. 1999. Mitigation of raptor electrocution on steel power poles. *Wildlife Society Bulletin*, 27: 263–273
- Janss, G.F.E. & Ferrer, M. 2001. Avian electrocution mortality in relation to pole design and adjacent habitat in Spain. *Bird Conservation International* 11: 3–12.
- Janss, G.F.E., 2000. Avian mortality from power lines: a morphological approach of a species-specific mortality. *Biological Conservation* 95: 353–359.





- Ledger, & H.J. Annegarn. 1981. Electrocution hazards to the cape vulture (*Gyps coprotheres*) in South Africa. *Biology Conservation*. 20:15-24.
- Ledger, J. A. & Hobbs, J. C. A. 1999. Raptor use and abuse of powerlines in Southern Africa. *Journal of Raptor Research* 33: 49-52.
- Ledger, J. A. & Arnnegarn, H. J. 1981. Electrocution hazards to the cape vulture *Gyps coprotheres* in South Africa. *Biological Conservation*. 20: 15-24.
- Lehman, R. N., Kennedy, P. L. & Savidge, J. A. 2007. The state of the art in raptor electrocution research: A global review. *Biological conservation* 136: 159-174.
- Leshem, Y. 1985. Griffon Vultures in Israel: Electrocution and other reasons for a declining population. *Vulture News* 13: 14-20.
- López-López, P., Ferrer, M., Madero, A., Casado, E. & McGrady, M. 2011. Solving man-induced large-scale conservation problems: the Spanish Imperial Eagle and power lines. *PLoS ONE* 6: e17196. doi:10.1371/journal.pone.0017196
- Luken, J.O., Hinton, A. C. & Baker, D. G. 1992. Response of woody plant communities in power-line corridors to frequent anthropogenic disturbance. *Ecological Applications* 2: 356-362.
- Madroño, A., González, C. & Atienza, J. C. 2004. Libro rojo de las aves de España. MIMAM, SEO Birdlife.
- Manel, S., Williams, H. C. & Ormerod, S. J. 2001. Evaluating presence-absence models in ecology: the need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology* 38: 921-931.
- Mañosa, S. 2001. Strategies to identify dangerous electricity pylons for birds. *Biodiversity and Conservation* 10: 1997–2012.
- Mañosa, S. & Real, J. 2001. Potencial negative effects of collisions with transmission lines on a Bonelli's Eagle population. *Journal Raptor Reserch* 35: 247–252.
- Mañosa, S., Real, J. & Codina, J. 1998. Selection of settlement areas by juvenile Bonelli's eagle in Catalonia. *Journal of Raptor Research* 32: 208-214.
- Marshall, W. 1940. "Eagle guard" developed in Idaho. *Condor* 42: 166.
- Matos, N. 1997. Avaliação do Impacto de Linhas Elétricas no Estuário do Tejo. Relatório de Estágio de Licenciatura. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Miller, A. D., Boeker, E. L., Thorsell, R. S. & Olendorff, R. R. 1975. Suggested practices for raptor protection on power lines. Edison Electric Institute, Washington, D.C., and Raptor Research Foundation, Inc., Provo, UT.
- Moleón, M., Sánchez-Zapata, J., Real, J., García-Charon, J., Gil-Sánchez, J. M., Palma, L., Bautista, J. & Bayle, P. 2009. Large-scale spatio-temporal shifts in the diet of a predator mediated by an emerging infectious disease of its main prey. *Journal of Biogeography* 36: 1502-1515.
- Negro, J. J. & Mañez, M. 1989. Impacto de los tendidos eléctricos sobre la avifauna. *Quercus* 39: 25-29.
- Negro, J. J. 1999. Past and future research on wildlife interactions with power lines. En Ferrer, M., Janss, G. F. (Eds) : *Aves y líneas eléctricas*. Pp. 21–28. Madrid: Quercus.
- Negro, J. J., Ferrer, M., Santos, C., & Regidor. S. 1989. Efficacy of two methods for preventing electrocutions on power lines. *Ardeola* 36:201-206.
- Nikolaus, G. 1984. Large numbers of birds killed by electric power line. *Scopus* 8: 42.





- Olendorff, R. R. & Kochert, M. N. 1977. Land management for the conservation of birds of prey. Pages 294-307 in R.D. Chancellor, ed. World Conference on Birds of Prey, Report of Proceedings. International Council for Bird Preservation. Vienna, Austria.
- Olendorff, R.R., Miller, A.D., & Lehman, R.N. 1981. Suggested practices for raptor protection on power lines—the state- of-the-art in 1981. Raptor Research Report No. 4. Raptor Research Foundation, St. Paul, MN.
- Ortega, E., Mañosa, S., Margalida, S., Sánchez, R., Oria, J. & González, L. M.. 2009. A demographic description of the recovery of the Vulnerable Spanish imperial eagle *Aquila adalberti*. *Oryx* 43: 113–121.
- Pais, M.C. 2000. A conservação da Águia de Bonelli em Portugal: análise da situação em termos da protecção das áreas mais importantes para a espécie. Évora. Relatório não publicado.
- Palma, L., Onofre, N. & Pombal, E. 1999. Revised distribution of diurnal birds of prey in Portugal. *Avocetta* 23: 3-18.
- Pearce, J. & Ferrier, S. 2001. The practical value of modelling relative abundance of species for regional conservation planning: a case study. *Biological Conservation* 98: 33-43.
- Pérez-García, J.M. 2014. Modelos predictivos aplicados a la corrección y gestión del impacto de la electrocución de aves en tendidos eléctricos. Tesis doctoral. Universidad Miguel Hernández, Elche.
- Primack, RB, Ros, J. 2002. Introducción a la biología de la conservación. Ariel.
- Real, J. & Mañosa, S. 1997. Demography and conservation of western European Bonelli's eagle *Hieraaetus fasciatus* populations. *Biological Conservation*. 79: 59-66.
- Real, J. 2003. Águila-Azor Perdicera. *Hieraaetus fasciatus*. Pp. 192-193. In: Martí, R., Del Moral, J. C. (Eds.). Atlas de las aves reproductoras de España. Dirección General de Conservación de la naturaleza-Sociedad Española de ornitología, Madrid.
- Real, J., Grande, J. M., Mañosa, S. & Sánchez-Zapata, J.A. 2001. Causes of death in different areas for Bonelli's Eagle *Hieraaetus fasciatus* in Spain. *Bird Study* 48: 221-228.
- Renssen, T.A. 1975. Vogelsterfte in Nederland tengevolge van aanvaringen hoogspanningslijnen. Dutch Institute for Forestry and Nature research (I.B.N.).
- Robin, X., Turck N., Hainard, A. Tiberti, N. Lisacek, F., Sanchez, J. C. & Müller, M. 2011. pROC: an open-source package for R and S+ to analyze and compare ROC curves. *BMC Bioinformatics* 12: 77.
- Rocamora, G. 1994. Bonelli's eagle *Hieraaetus fasciatus*. Pp. 184-185. In: Tucker, G. M., Heath., M. F. (Eds.). Birds in Europe, their conservation status. Birdlife International, Birdlife Conservation. Ser. 3, Cambridge, U.K.
- Rubolini, D., Bassi, E., Bogliani, G., Galeotti, P. & Garavaglia, R. 2001. Eagle owl (*Bubo bubo*) and power line interactions in the Italian Alps. *Bird Conservation International* 11: 319–324.
- Scott, R.E., Roberts, L.J. & Cadbury, C.J. 1972. Bird deaths from powerlines at Dungeness. *British Birds* 65: 273-286.
- Sergio, F., Blas, J., Forero, M., Fernández, N., Donázar J. A. & Hiraldo F. 2005. Preservation of wide-ranging top predators by site-protection: black and red kites in Doñana National Park. *Biological Conservation* 125: 11–21.
- Sergio, F., Marchesi, L., Pedrini, P., Ferrer, M. & Penteriani, V. 2004. Electrocution alters the distribution and density of a top predator, the Eagle owl *Bubo bubo*. *Journal of Applied Ecology* 41: 836–845.
- Sevillana-Iberdrola-REE. 1995. Análisis de impactos de líneas eléctricas sobre la avifauna de espacios naturales protegidos. Manual para la valoración de riesgos y soluciones.

- Sillero, A., Onofre, N., Albuquerque, T. & Ribeiro, M. M. 2013. Seleção de macro-habitat em rapinas no Alto-Alentejo. In Jornada Potencial Técnico e Científico do IPCB, 2, Castelo Branco, 27 de Novembro – Investigação, Inovação e Desenvolvimento: livro de resumos. Castelo Branco: IPCB. CEDER. p. 44-45.
- Tenforde, T.S. 1992. Biological interactions and potential health effects of extremely-low-frequency magnetic fields from power lines and other common sources. *Annual Review of Public Health* 13: 173-196.
- Tintó, A., Real, J. & Mañosa, S. 2010. Predicting and correcting electrocution of birds in Mediterranean Areas. *Journal of Wildlife Management* 74: 1852-1862.
- Wayland, M., Wilson, L.K., Elliot, J.E., Miller, M.J.R., Bollinger, T., McAdie, M., Langelier, K., Keating, J. & Froese, J.M.W. 2003. Mortality, morbidity, and lead poisoning of eagles in Western Canada, 1986-98. *Journal of Raptor Research* 37: 8-18.
- World Energy Outlook 2012. OCDE/AIE International Energie Agency. Disponível *on-line* em: [www.iea.org/publications/freepublications/publication/Spanish.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Spanish.pdf)
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis*. 3rd Ed. Prentice-Hall International, New Jersey.
- Zur, A.K. Ieno, E.N. & Smith, G.M. 2007. *Analysing Ecological Data*. Springer.

## Anexo I – Tipologias e constituintes dos apoios

Tabela 1 – Guia dos apoios comuns na ZPE de Castro Verde e ZPE de Vale do Guadiana

Armação em Triângulo	
<b>TAL</b> (Armação em Triângulo para Alinhamento)	<b>TAL</b> (isoladores duplos)
	
Fixação dos Condutores – isoladores rígidos	Fixação dos Condutores – isoladores rígidos
<b>TAN</b> (Armação em Triângulo para Ângulo)	<b>TRF</b> (Armação em Triângulo para Reforço)
	
Fixação dos Condutores – Cadeias de amarração	Fixação dos Condutores – Cadeias de amarração

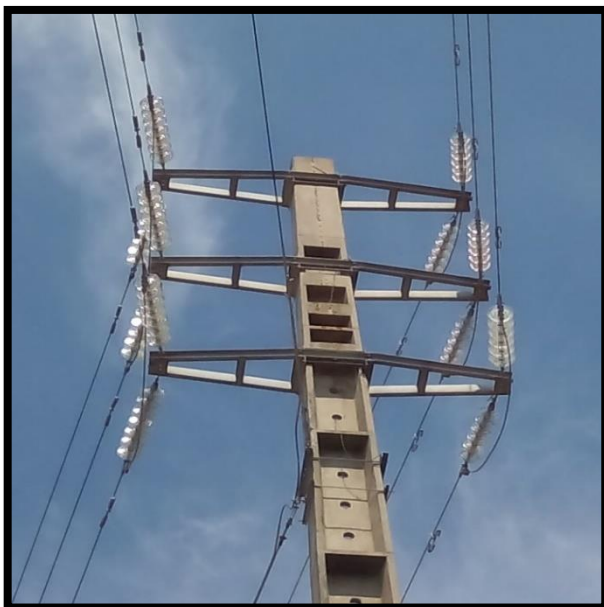
<b>Armação em Galhardete</b>	
<b>GAL</b> (Armação em Galhardete para Alinhamento)	<b>GAN</b> (Armação em Galhardete para Ângulo)
 <p>Fixação dos Condutores – Cadeias de suspensão</p>	 <p>Fixação dos Condutores – Cadeias de amarração</p>
<b>Armação em Esteira Vertical</b>	
<b>VAN/VRF</b> (Armação em Esteira Vertical para Ângulo/para Reforço)	<b>VAL</b> (Armação em Esteira vertical para Alinhamento) <small>figura retirada de <a href="http://www.mrjs.pt/index.php?pg=13&amp;lng=pt">http://www.mrjs.pt/index.php?pg=13&amp;lng=pt</a></small>
 <p>Fixação dos Condutores – Isoladores rígidos horizontais e cadeias de suspensão</p>	 <p>Fixação dos Condutores – Isoladores rígidos horizontais</p>

**EVDAL** (Armação em Esteira Vertical Dupla para Alinhamento)



Fixação dos Condutores – Cadeias de suspensão

**EVDAN** (Armação em Esteira Vertical Dupla para Ângulo)



Fixação dos Condutores – Cadeias de amarração

**Armação em Pórtico**

**PAL** (Armação para Pórtico para Alinhamento)



Fixação dos Condutores – Cadeias de suspensão

**PAN/PRF** (Armação para Pórtico para ângulo/reforço)



Fixação dos Condutores – Cadeias de amarração



### Armação em Esteira Horizontal

**HRFSC** (Armação em esteira horizontal para reforço com seccionador em posição horizontal)



Fixação dos Condutores – Cadeias de amarração

**HSC** (Armação em esteira horizontal com seccionador em posição vertical)



Fixação dos Condutores – Cadeias de amarração

**HAL-A2S** (Armação em Esteira Horizontal de Alinhamento com 1 amarração e 2 suspensões)



Fixação dos Condutores – Cadeias de suspensão e amarração

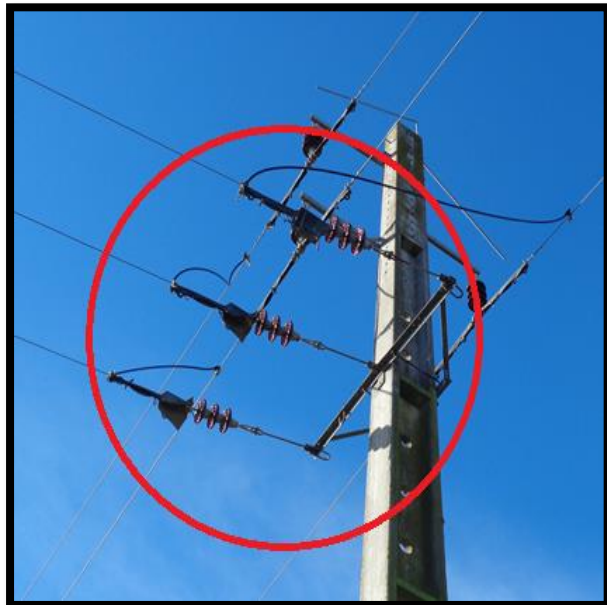
**PT** (Posto de Transformação)



Fixação dos Condutores – Cadeias de amarração



**HDR** (Armação em Esteira Horizontal para Derivação)



Fixação dos Condutores – Cadeias de amarração

**Outros**

**Canadiana**



Fixação dos Condutores – Cadeias de suspensão

**Nappe-Voutte ou abóbada**



Fixação dos Condutores – Cadeias de suspensão

## **Apoios**

Apoios são estruturas verticais, metálicas, de betão ou madeira, que suportam os condutores e demais constituintes das linhas elétricas aéreas, separando-os do solo (Figura 1 – Anexo I). Podem ter diferentes funções e elementos especiais:

**Alinhamento (AL)** – suportar os condutores e cabos de terra.

**Ângulo (AN)** – suportar os condutores e cabos de terra em ângulos ou vértices que a linha forme.

**Reforço (RF)** – proporcionar pontos firmes na linha que impeçam a destruição total da mesma aquando da destruição de um condutor ou apoio.

**Fim de linha (FL)** – suportam as tensões que se fazem sentir na linha, sendo o seu ponto de fixação mais resistente.

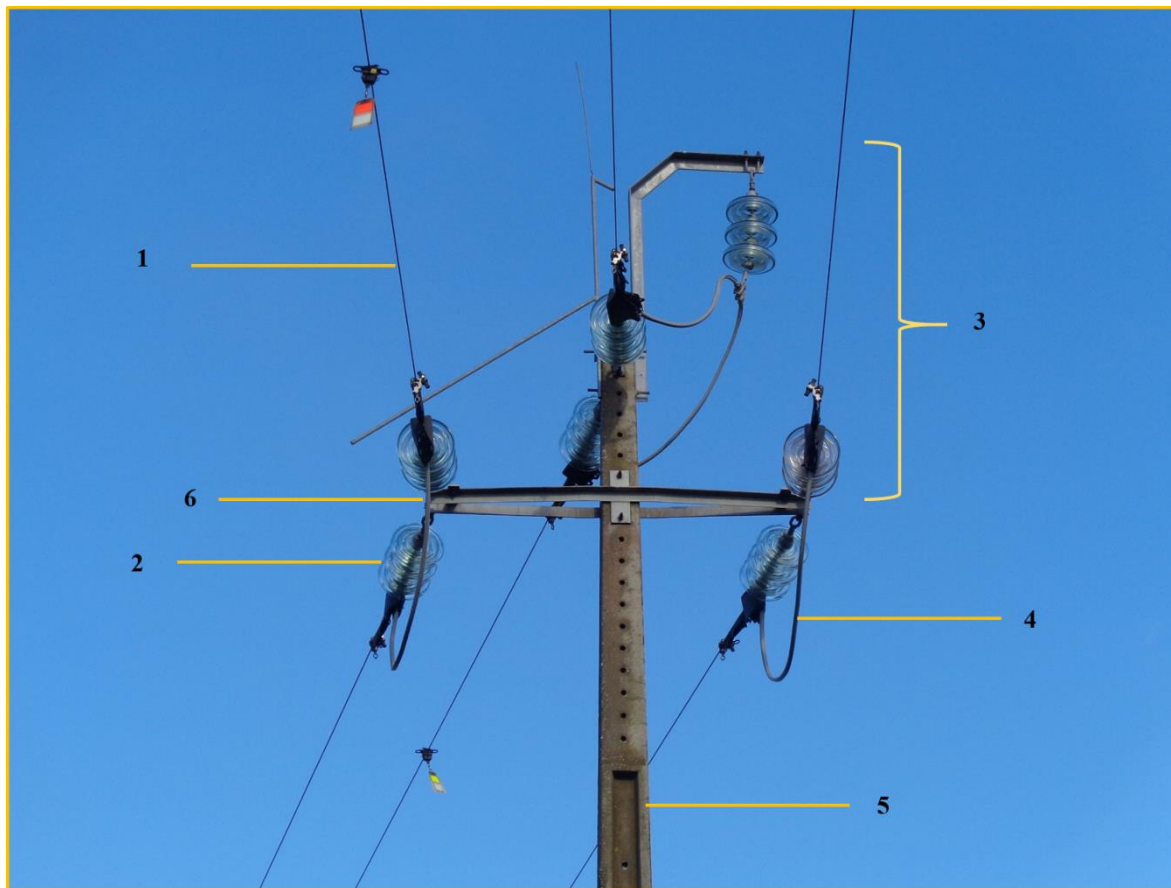
**Seccionador (SC)** – equipamento que interrompe a linha impedindo a circulação de corrente para fins de manutenção ou conservação da linha.

**Transformador (PT)** – equipamento com a função de transformar a Média Tensão em Baixa Tensão utilizável pelo consumidor final doméstico, comercial ou pequeno industrial.

**Derivação (DR)** – tem a função de derivar uma linha para outra.

A forma como é feita a fixação dos condutores na armação é determinante para o risco de eletrocussão. Os apoios com isoladores rígidos são os que apresentam um risco de eletrocussão mais elevado, tendo-se estimado que provoquem 15 vezes mais eletrocussões por apoio do que em apoios com cadeias de suspensão (Figura 2 – Anexo I) (Pérez-García 2014).

A substituição de seccionadores em posição horizontal no topo do apoio, com os elementos em tensão disponíveis para o poiso das aves, para uma montagem vertical de mais difícil acesso é uma das formas de garantir que apoios com este tipo de equipamento não apresentem um risco de eletrocussão tão elevado (Figura 3 – Anexo I).



**Figura 1** – diferentes componentes do apoio (Tipologia TAN).

**Legenda (adaptado de ICNB 2010)**

**1 – Condutores:** cabos nus que transportam a energia elétrica

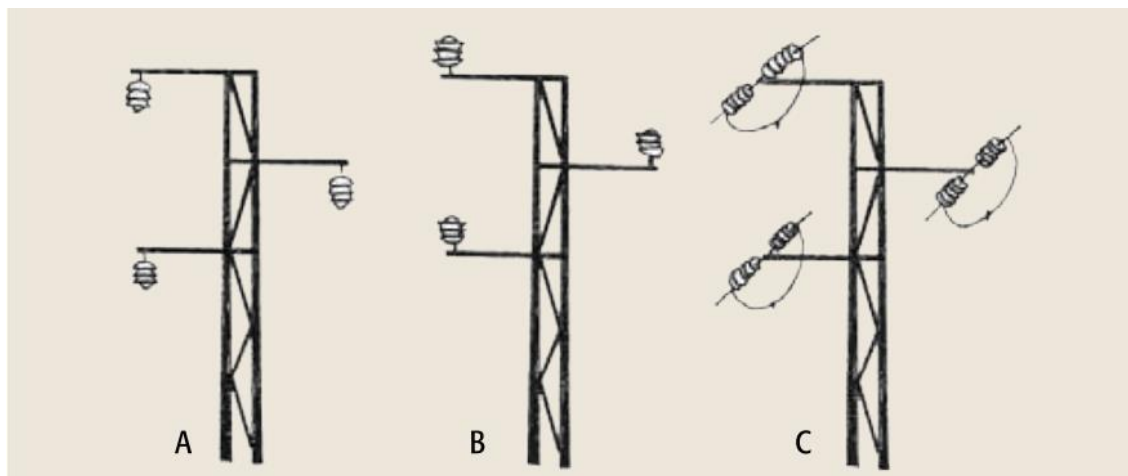
**2 – Isoladores:** dispositivos circulares de cerâmica ou vidro que suportam os condutores de forma a evitar que a corrente elétrica passe para os apoios (terra). A tensão de uma linha poderá ser identificada pelo número de discos isoladores (na maioria dos casos), sendo que cada círculo isola 15kV e é aplicado mais um disco de segurança. Assim 3 discos corresponderão, regra geral, a uma linha de 30kV.

**3 – Armação:** estrutura do suporte (situada na cabeça do apoio) na qual se fixam os isoladores e por sua vez os condutores.

**4 – Arco:** cabo que estabelece uma ponte para ligar os condutores de ambos os lados da travessa.

**5 – Apoio:** estrutura vertical que pode utilizar postes de ferro, betão ou madeira e que se destinam a sustentar os condutores.

**6 – Travessa**

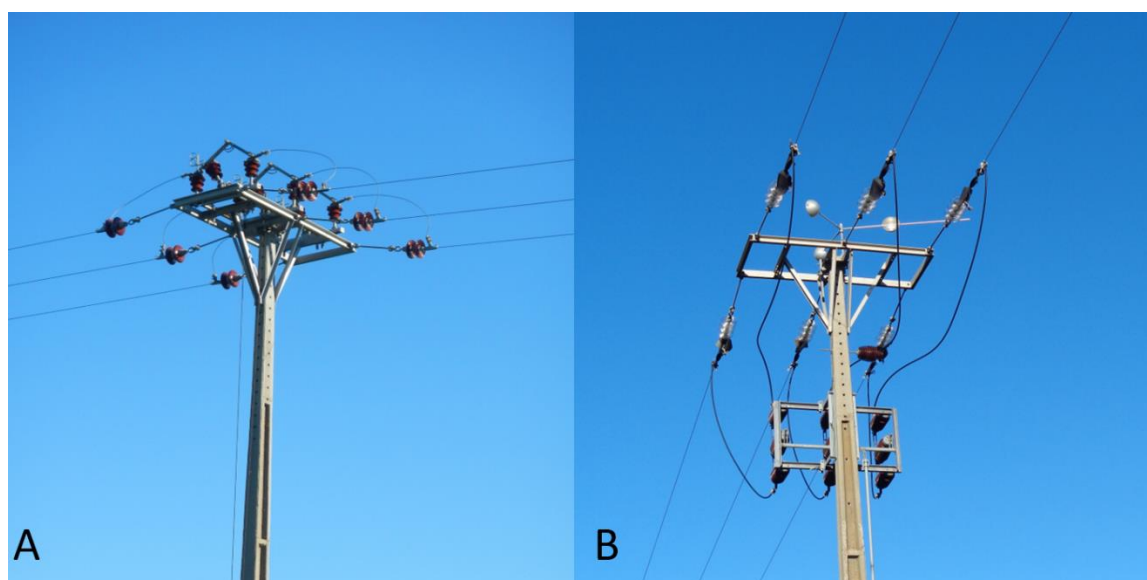


**Figura 2** – diferentes métodos de fixação dos condutores. Imagem retirada de Garrido *et al.* (2009)

**A: cadeias de suspensão** – método de fixação dos condutores que apresenta menor perigosidade

**B: isoladores rígidos verticais** – método de fixação dos condutores que apresenta maior perigosidade

**C: cadeias de amarração** – método de fixação dos condutores de perigosidade intermédia



**Figura 3** – A – seccionador em posição horizontal no topo do apoio apresentando grande risco de eletrocussão. B – seccionador em posição vertical apresentando baixo risco de eletrocussão

## Anexo II – Eletrocussão de aves em apoios da rede elétrica: Que fatores influenciam a eletrocussão?

**Tabela 1** – resultados da correlação de *Spearman* entre todas as variáveis independentes estudadas. Legenda: **Cob. Mat** – cobertura de matos; **Semeado** – zona semeada; **Pastagem** – zona de pastagem; **Pinhal** – zona de pinhal; **Montado** – zona de montado; **Outro** – outros; **CobArb** – cobertura arbórea; **Estradas** – distância a estrada; **Água** – distância a linha de água; **Hab** – distância a habitação; **edifica** – distância a outras edificações; **urb** – distância a localidade/sítio.

p-value rho	Semea do	Pastage m	Pinhal	Montad o	Outr o	CobArb	Estradas	Água	Hab	edifica	Urb
Cob. M at	0,0936	0,0000	0,0009	0,5977	0,0121	0,0011	0,1745	0,1369	0,1668	0,0781	0,4277
	-1,14	-0,51	0,28	0,05	-0,21	0,28	0,12	0,13	0,12	-0,15	-0,9
Semea do		0,0000	0,1747	0,1393	0,1250	0,0550	0,9715	0,3390	0,2160	0,4930	0,318
		-0,40	-0,12	-0,13	-0,13	-0,16	0,00	0,08	-0,11	-0,06	-0,08
Pastag em			0,0010	0,5925	0,0365	0,0000	0,0067	0,1349	0,0228	0,0900	0,2892
			-0,28	0,05	-0,18	-0,39	-0,23	-0,13	-0,19	-0,15	-0,19
Pinhal				0,0097	0,2073	0,0000	0,0201	0,4880	0,1136	0,1714	0,0089
				-0,22	-0,11	0,47	0,20	-0,06	0,14	0,12	0,15
Monta do					0,2631	0,0038	0,6699	0,1029	0,0510	0,4024	0,0242
					-0,10	0,25	0,04	-0,14	0,17	-0,07	0,19
Outro						0,0181	0,2366	0,5726	0,2507	0,4297	0,2022
						0,20	0,10	-0,05	0,10	0,07	0,11
CobAr b							0,0202	0,6451	0,0051	0,1087	0,0215
							0,20	-0,04	0,24	0,14	0,20
Estrada s								0,3061	0,005	0,0191	0,0030
								0,09	0,23	0,20	0,25
Água									0,9638	0,5670	0,2748
									0,00	-0,05	-0,09
Hab										0,0000	0,0000
										0,47	0,64
Edifica											0,0000
											0,41

**Tabela 2** – comparação entre os melhores modelos (delta AIC ( $\Delta_i$ ) < 2) obtidos para as variáveis ambientais. O melhor modelo encontra-se a negrito.

<b>Modelos</b>	<b>AICc</b>	<b><math>\Delta_i</math></b>	<b><math>w_i</math></b>
<b>Matos</b>	<b>142,92</b>	<b>0,00</b>	<b>0,31</b>
Matos, Semeado	144,08	1,16	0,17
CobArb, Matos	144,19	1,27	0,16
Matos, Pinhal	144,64	1,72	0,13
Matos, Pastagem	144,82	1,91	0,12
Matos, Montado	144,90	1,98	0,11

**Tabela 3** – comparação entre os melhores modelos (delta AIC ( $\Delta_i$ ) < 2) obtidos para as variáveis de perturbação antrópica. O melhor modelo encontra-se a negrito.

<b>Modelos</b>	<b>AICc</b>	<b><math>\Delta_i</math></b>	<b><math>w_i</math></b>
<b>Distância a outras edificações, distância a estradas</b>	<b>154,45</b>	<b>0,00</b>	<b>0,38</b>
Distância a outras edificações, distância a estradas, distância a localidade	155,11	0,66	0,27
Distância a outras edificações, distância a estradas, distância a habitação, distância a localidade	155,74	1,29	0,20
Distância a estradas	156,29	1,84	0,15

### Anexo III – Caracterização dos apoios em que se registou mortalidade por eletrocussão em águias

**Tabela 1** – resultados da correlação de Spearman entre todas as variáveis independentes estudadas. Legenda: **a211** – culturas temporárias de sequiero; **b22** – culturas permanentes; **c243** – agricultura com espaços naturais e semi-naturais; **d244** – sistemas agro-florestais; **e324** – Novas plantações florestais; **matos** – cobertura de matos; **arb** – cobertura arbórea; **estr** – distância a estradas; **Água** – distância a linha de água; **edif** – distância a edificação; **urb** – distância a localidade/sítio.

p-value rho	b22	c243	d244	e324	matos	arb	estr	Água	edif	Urb
a211	0,1382 -0,15	0,0009 -0,34	0,0000 0,40	0,0376 -0,22	0,0000 -0,43	0,0000 -0,52	0,2633 -0,12	0,6256 0,05	0,1721 -0,14	0,4480 0,08
b22		0,1498 -0,15	0,0901 -0,18	0,3591 -0,10	0,0683 -0,19	0,1725 0,14	0,0464 0,21	0,0591 0,20	0,252 -0,12	0,9567 -0,01
c243			0,0001 -0,39	0,0434 -0,21	0,0000 0,60	0,0152 -0,25	0,7404 0,03	0,0624 -0,19	0,0592 0,20	0,0386 -0,21
d244				0,0172 -0,25	0,2135 -0,13	0,0000 0,48	0,3024 -0,11	0,0678 0,19	0,1396 -0,15	0,0419 0,21
e324					0,3265 0,10	0,0233 0,24	0,2949 0,11	0,0249 -0,23	0,0186 0,24	0,2531 -0,12
Matos						0,7628 0,03	0,8066 -0,03	0,0023 -0,31	0,1941 0,14	0,0897 -0,18
Arb							0,3696 0,09	0,4578 0,08	0,5766 -0,06	0,4530 0,08
Estr								0,9497 0,01	0,918 -0,01	0,0614 0,19
Agua									0,2995 -0,11	0,8633 -0,22
Edif										0,5062 0,07

**Tabela 2** - comparação entre os melhores modelos (delta AIC ( $\Delta_i$ ) < 2) obtidos para as variáveis de habitat, variáveis de distância e os melhores modelos globais para a Águia-de-asa-redonda. Os melhores modelos encontram-se a negrito.

<b>Modelos Águia-de-asa-redonda</b>	<b>AICc</b>	<b><math>\Delta_i</math></b>	<b><math>w_i</math></b>
<b>Modelos Habitat</b>			
<b>agricultura com espaços naturais e semi-naturais, novas plantações florestais</b>	<b>190.15</b>	<b>0.00</b>	<b>0.29</b>
agricultura com espaços naturais e semi-naturais	190.84	0.68	0.21
agricultura com espaços naturais e semi-naturais,sistemas agro-florestais	191.58	1.42	0.14
agricultura com espaços naturais e semi-naturais,sistemas agro-florestais, novas plantações florestais	191.93	1.77	0.12
culturas temporárias de sequeiro, agricultura com espaços naturais e semi-naturais, novas plantações florestais	192.01	1.85	0.12
cobertura arbórea, agricultura com espaços naturais e semi-naturais, novas plantações florestais	192.03	1.88	0.11
<b>Modelos Distâncias</b>			
<b>Distância a linha de água</b>	<b>197.99</b>	<b>0.00</b>	<b>0.13</b>
Distância a linha de água, Distância a estrada alcatroada, distância a localidade	198.20	0.21	0.12
Distância a linha de água, Distância a estrada alcatroada	198.31	0.32	0.11
Distância a estrada alcatroada	198.75	0.76	0.09
Distância a linha de água, distância a localidade	198.84	0.85	0.08
Distância a estrada alcatroada, distância a localidade	198.89	0.90	0.08
Distância a linha de água, distância a edificação, Distância a estrada alcatroada, distância a localidade	199.00	1.02	0.08
Distância a linha de água, distância a edificação	199.51	1.52	0.06
distância a localidade	199.64	1.65	0.06
<b>Modelos Globais</b>			
<b>agricultura com espaços naturais e semi-naturais, novas plantações florestais</b>	<b>190.15</b>	<b>0.00</b>	<b>0.37</b>
agricultura com espaços naturais e semi-naturais	190.84	0.68	0.26
agricultura com espaços naturais e semi-naturais, distância a linha de água	191.46	1.31	0.19
agricultura com espaços naturais e semi-naturais, novas plantações florestais, distância a linha de água	191.65	1.50	0.17

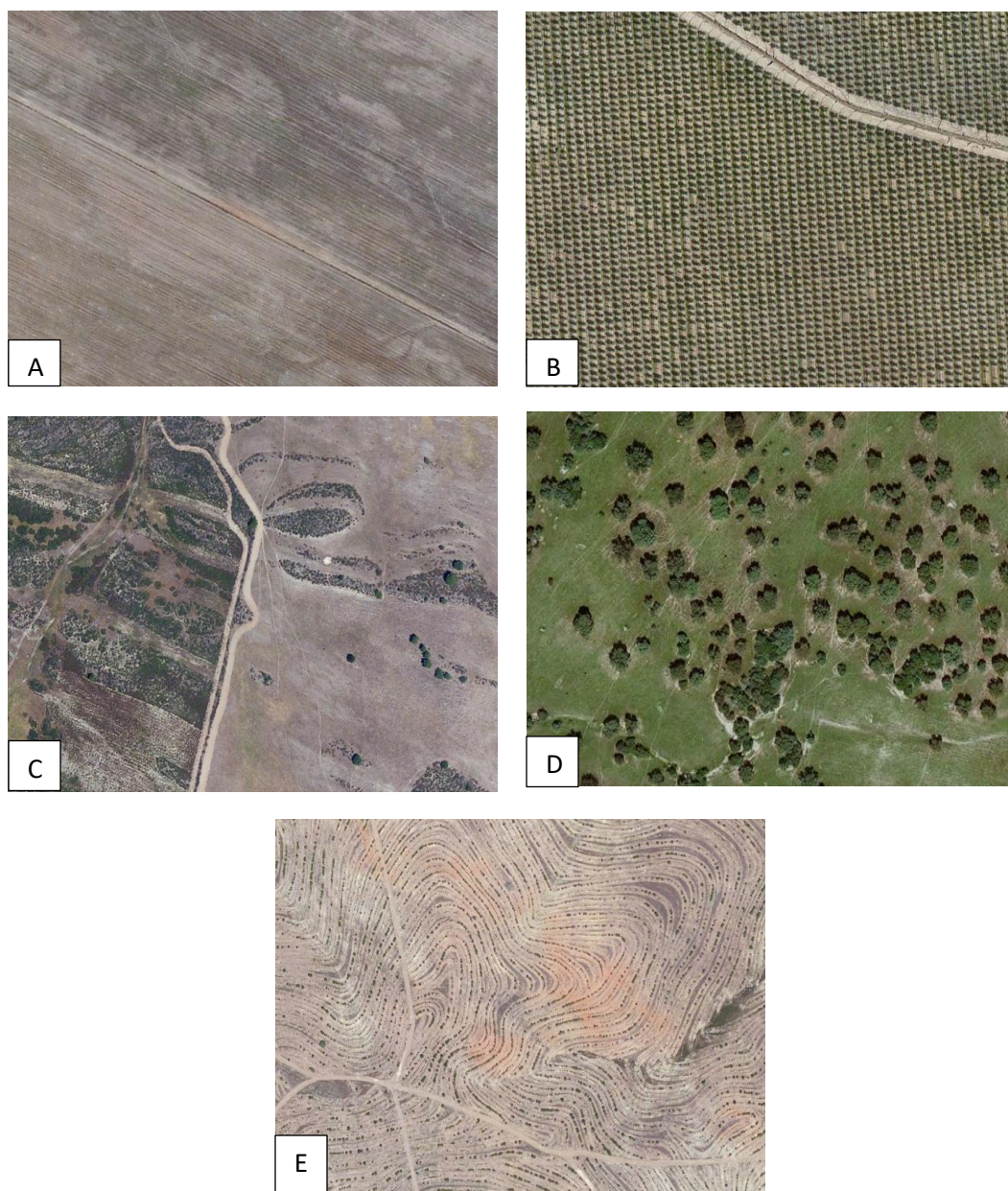


**Tabela 3** - comparação entre os melhores modelos (delta AIC ( $\Delta_i$ ) < 2) obtidos para as variáveis de habitat, variáveis de distância e os melhores modelos globais para a Águia de Bonelli. Os melhores modelos encontram-se a negrito.

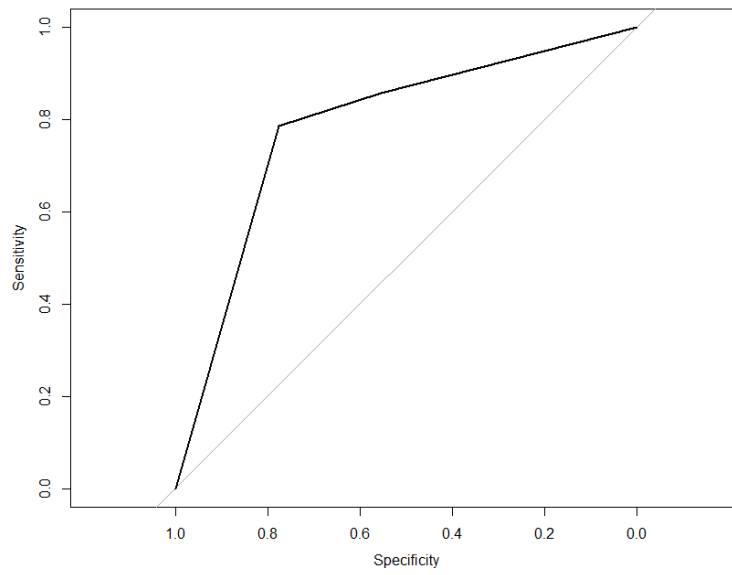
<b>Modelos Águia de Bonelli</b>	<b>AICc</b>	<b><math>\Delta_i</math></b>	<b><math>w_i</math></b>
<b>Modelos Habitat</b>			
<b>agricultura com espaços naturais e semi-naturais, sistemas agro-florestais, novas plantações florestais</b>	<b>78.70</b>	<b>0.00</b>	<b>0.31</b>
culturas temporárias de sequeiro, cobertura arbórea, sistemas agro-florestais	79.09	0.39	0.26
agricultura com espaços naturais e semi-naturais, novas plantações florestais	79.36	0.66	0.22
culturas temporárias de sequeiro, agricultura com espaços naturais e semi-naturais, novas plantações florestais	79.45	0.75	0.21
<b>Modelos Distâncias</b>			
distância a edificação, Distância a estrada alcatroada, distância a localidade	<b>84.55</b>	<b>0.00</b>	<b>0.44</b>
distância a edificação, distância a localidade	84.90	0.35	0.37
Distância a linha de água, distância a edificação, Distância a estrada alcatroada, distância a localidade	86.27	1.73	0.19
<b>Modelos Globais</b>			
agricultura com espaços naturais e semi-naturais, sistemas agro-florestais, novas plantações florestais, distância a edificação	<b>78.50</b>	<b>0.00</b>	<b>0.16</b>
agricultura com espaços naturais e semi-naturais, sistemas agro-florestais, novas plantações florestais	78.70	0.20	0.14
agricultura com espaços naturais e semi-naturais, novas plantações florestais, distância a edificação	79.06	0.56	0.12
agricultura com espaços naturais e semi-naturais, sistemas agro-florestais, novas plantações florestais, distância a edificação, distância a localidade	79.27	0.77	0.11
agricultura com espaços naturais e semi-naturais, novas plantações florestais	79.36	0.85	0.10
agricultura com espaços naturais e semi-naturais, sistemas agro-florestais, novas plantações florestais, Distância a estrada alcatroada	79.78	1.28	0.08
agricultura com espaços naturais e semi-naturais, novas plantações florestais, distância a edificação, distância a localidade	79.82	1.31	0.08
agricultura com espaços naturais e semi-naturais, sistemas agro-florestais, novas plantações florestais, distância a edificação, Distância a estrada alcatroada	80.21	1.71	0.07
agricultura com espaços naturais e semi-naturais, sistemas agro-florestais, novas plantações florestais, distância a edificação, Distância a estrada alcatroada, distância a localidade	80.24	1.73	0.07
agricultura com espaços naturais e semi-naturais, sistemas agro-florestais, novas plantações florestais, Distância a estrada alcatroada, distância a localidade	80.47	1.97	0.06

**Tabela 4** - comparação entre os melhores modelos (delta AIC ( $\Delta_i$ ) < 2) obtidos para as variáveis de habitat, variáveis de distância e os melhores modelos globais para a Águia-imperial-ibérica. Os melhores modelos encontram-se a negrito.

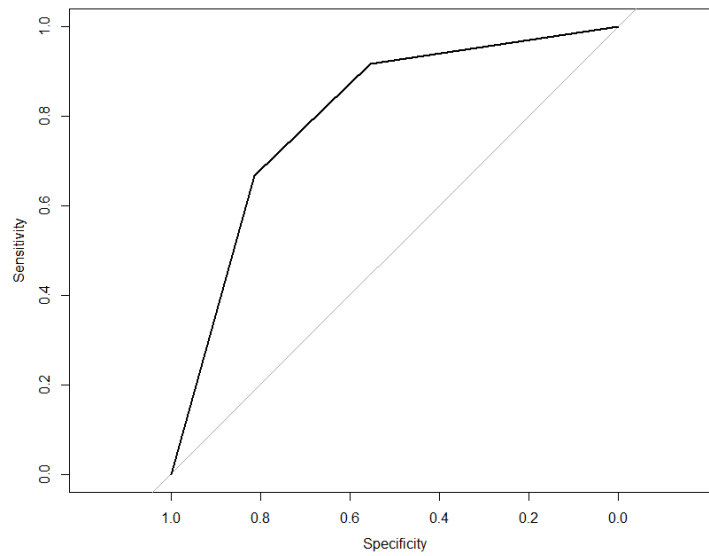
<b>Modelos Águia-imperial-ibérica</b>	<b>AICc</b>	<b><math>\Delta_i</math></b>	<b><math>w_i</math></b>
<b>Modelos Habitat</b>			
<b>culturas temporárias de sequeiro, agricultura com espaços naturais e semi-naturais</b>	<b>63.71</b>	<b>0.00</b>	<b>0.18</b>
cobertura arbórea, agricultura com espaços naturais e semi-naturais	64.14	0.43	0.14
agricultura com espaços naturais e semi-naturais	64.52	0.81	0.12
culturas temporárias de sequeiro, agricultura com espaços naturais e semi-naturais, sistemas agro-florestais	64.96	1.25	0.09
sistemas agro-florestais, novas plantações florestais	65.24	1.53	0.08
culturas temporárias de sequeiro, agricultura com espaços naturais e semi-naturais	65.30	1.59	0.08
culturas temporárias de sequeiro, agricultura com espaços naturais e semi-naturais, cobertura de matos	65.33	1.62	0.08
Cobertura arbórea, agricultura com espaços naturais e semi-naturais, cobertura de matos	65.34	1.63	0.08
culturas temporárias de sequeiro, agricultura com espaços naturais e semi-naturais, novas plantações florestais	65.34	1.63	0.08
culturas temporárias de sequeiro, culturas permanentes, agricultura com espaços naturais e semi-naturais	65.61	1.90	0.07
<b>Modelos Distâncias</b>			
<b>Distância a linha de água</b>	<b>73.59</b>	<b>0.02</b>	<b>0.23</b>
Distância a estrada alcatroada	74.21	0.64	0.17
Distância a linha de água, distância a estrada alcatroada	74.25	0.68	0.17
Distância a edificação	75.14	1.57	0.11
Distância a linha de água, Distância a edificação	75.26	1.69	0.10
<b>Modelos Globais</b>			
<b>culturas temporárias de sequeiro, agricultura com espaços naturais e semi-naturais</b>	<b>63.71</b>	<b>0.00</b>	<b>0.36</b>
agricultura com espaços naturais e semi-naturais	64.52	0.81	0.24
culturas temporárias de sequeiro, agricultura com espaços naturais e semi-naturais, distância a linha de água	64.65	0.94	0.23
agricultura com espaços naturais e semi-naturais, distância a linha de água	65.21	1.50	0.17



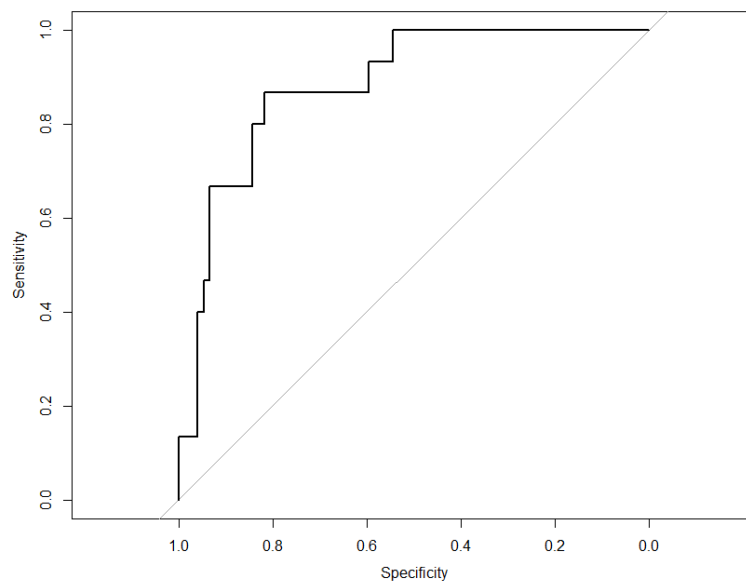
**Figura 1** – Representação dos habitats em estudo: A – Culturas temporárias de sequeiro; B – Culturas permanentes; C – Áreas de agricultura com espaços naturais e semi-naturais; D – Sistemas agro-florestais; E – Novas plantações florestais.



**Figura 2** - Curva ROC para o melhor modelo global de Águia-de-asa-redonda com um AUC=0,79.



**Figura 3** - Curva ROC para o melhor modelo global de Águia-imperial-ibérica com um AUC=0,80.



**Figura 3** - Curva ROC para o melhor modelo global de Águia de Bonelli com um AUC=0,88.

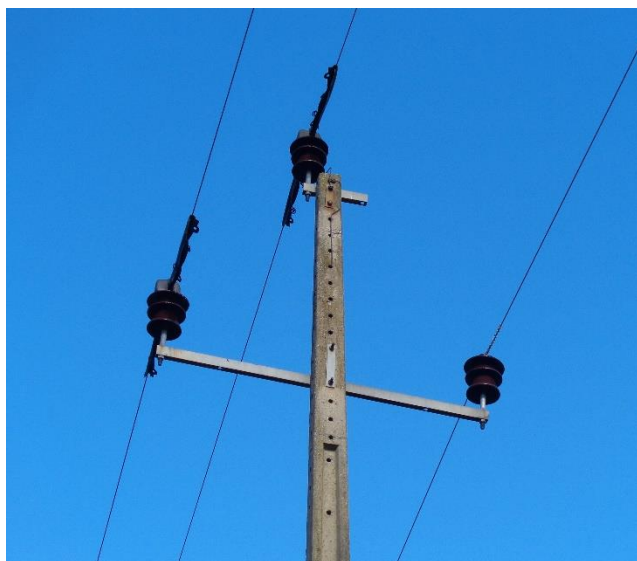
#### Anexo IV – Avaliação da eficácia de diferentes equipamentos de minimização de eletrocussão de avifauna



**Figura 1** – diferentes tipos de dispositivos anti-poios e anti-nidificação no topo dos apoios: **A.** Dispositivo anti-nidificação tipo guarda-chuva; **B.** Turbina; **C.** Dispositivo anti-nidificação GAL.



**Figura 2** – diferentes métodos de cobertura de protecção de condutores em estudo. Legenda: **A.** “Enfitamento” (Fita de mástique auto-vulcanizante 3M; aplicação de 1ª camada preta e de 2ª camada cinzenta, numa extensão de 50cm); **B.** “Manga” (Cobertura flexível de proteção de condutor); **C.** “Pinças Pretas” (Protetor de Isolador Rígido da Derancourt).



**Figura 3** – exemplo de anomalias: apoio com cobertura de proteção de condutores “pinças pretas” com uma delas em falta.